P. 260 c 1-164.

La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne

Jeanne DOUBINGER
Pierre VETTER
Jean LANGIAUX
Jean GALTIER
Jean BROUTIN

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

TOME 164

1995

COM

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Rédacteur en chef (*Editor-in-Chief*) : Jean-Lou JUSTINE
Rédacteurs (*Editors*) : Jean-Marie BETSCH, Philippe BOUCHET, Christian ÉRARD & Jean-Lou JUSTINE
Assistante de rédaction (*Copy editor*) : Bernadette CHARLES

Adresse (*Address*)
Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle
57, rue Cuvier
F-75005 Paris
Tél. : [33] (1) 40 79 34 37
Fax. : [33] (1) 40 79 38 08
e-mail : memoires@mnhn.fr

Les *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle* publient des travaux originaux majeurs, tels que des monographies ou des volumes à auteurs multiples. Les auteurs sont invités, pour toutes les questions éditoriales, à prendre contact avec le directeur de la publication. Les manuscrits peuvent être en français ou en anglais.

The Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle *publishes major original contributions, such as monographs or multi-authored volumes. Prospective authors should contact the Editor-in-Chief. Manuscripts in French or English will be considered.*

Vente en France :

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
SERVICE DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES
Diffusion : Delphine HENRY
57, rue Cuvier
F-75005 Paris
Tél. : [33] (1) 40 79 37 00
Fax : [33] (1) 40 79 38 40

Sales Office :

UNIVERSAL BOOK SERVICES
Dr W. BACKHUYS
P.O. BOX 321
NL-2300 AH Leiden
Tel. : [31] (71) 17 02 08
Fax : [31] (71) 17 18 56

Parution et prix irréguliers. Les ordres permanents d'achat et les commandes de volumes séparés sont reçus par le **Service des Publications Scientifiques, Diffusion** (pour la France et les DOM-TOM uniquement), ou par **Universal Book Services**. Catalogue sur demande. Une liste des derniers titres parus figure en page 3 de couverture.

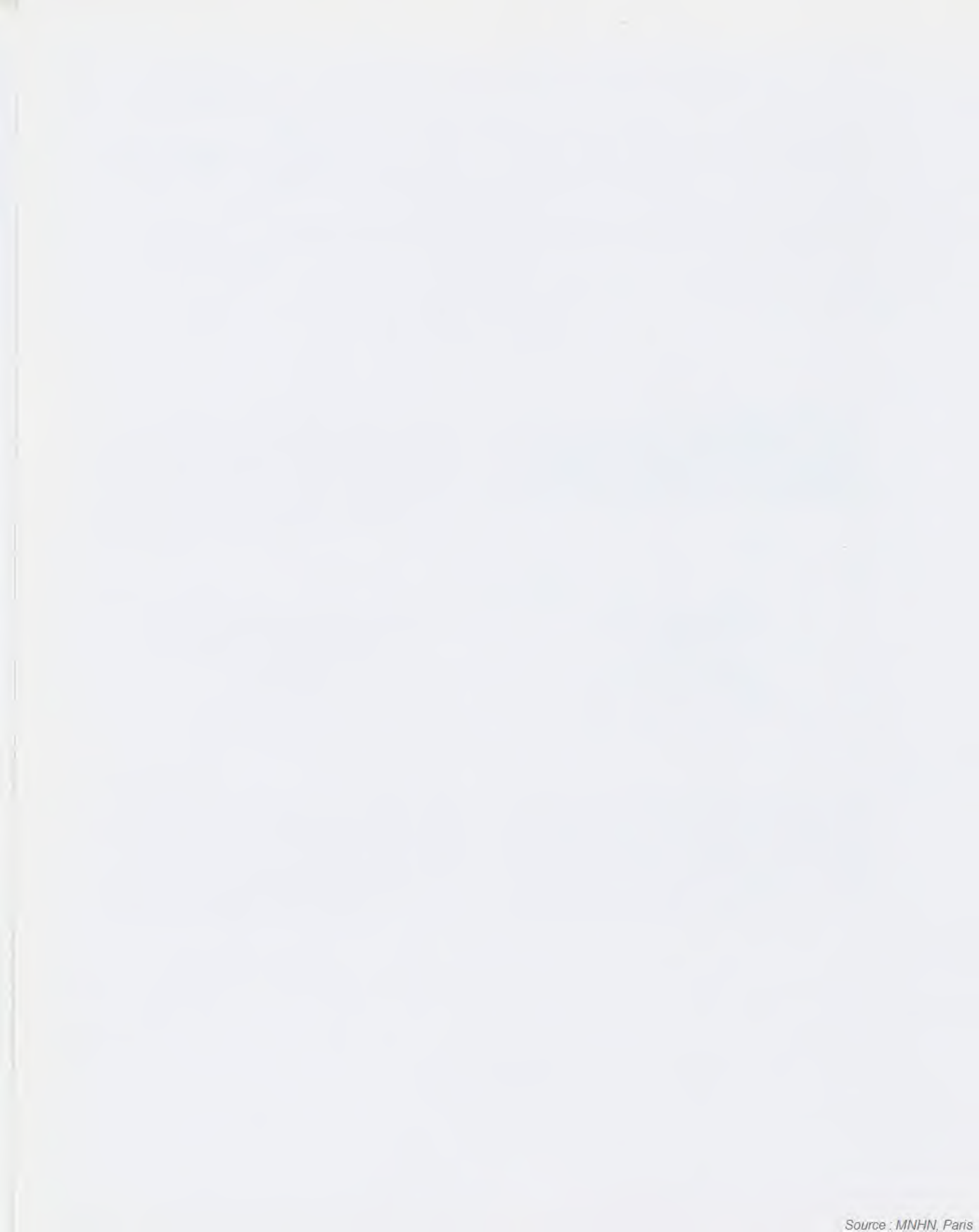
Volumes are published at irregular intervals, and at irregular prices. Standing orders and orders for single volumes should be directed to the ***Service des Publications Scientifiques du Muséum,*** *(France and DOM-TOM only) or* ***Universal Book Services****. Price list and catalogues are available on request. Recently published memoirs are listed on page 3 of the cover.*

Printed on acid-free paper
Imprimé sur papier non acide

Source : MNHN, Paris

Bibliothèque Centrale Muséum
3 3001 00125987 7

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Couverture : *Odontopteris minor.*
Maquette : B. CHARLES

Source : MNHN, Paris

La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne

Source : MNHN, Paris

ISBN : 2-85653-218-7
ISSN : 1243-4442
© Éditions du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1995

Photocopies :

Les *Mémoires du Muséum* adhèrent au Centre Français d'Exploitation du Droit de Copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris. Le CFC est membre de l'International Federation of Reproduction Rights Organisations (IFRRO). Aux États-Unis d'Amérique, contacter le Copyright Clearance Center, 27, Congress Street, Salem, Massachusetts 01970.

Photocopies :

The Mémoires du Muséum *adhere to the Centre Français d'Exploitation du Droit de Copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris. The CFC is a member of International Federation of Reproduction Rights Organisations (IFRRO). In USA, contact the Copyright Clearance Center, 27, Congress Street, Salem, Massachusetts 01970.*

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

TOME 164
PALÉOBOTANIQUE

La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne

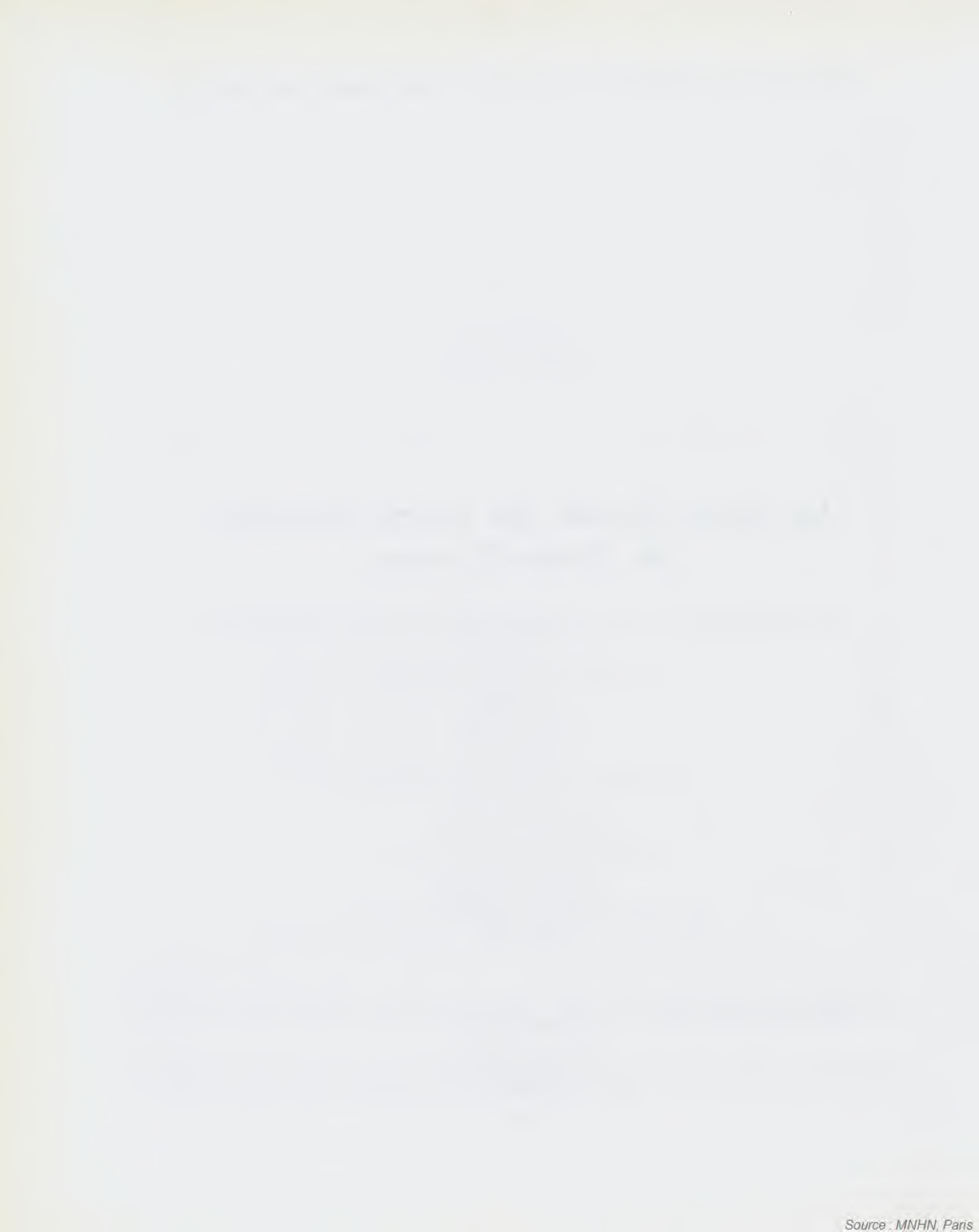
Jeanne DOUBINGER[1] †, Pierre VETTER[2], Jean LANGIAUX[3], Jean GALTIER[4] & Jean BROUTIN[5]

[1] Université Louis Pasteur, Institut de Géologie
Laboratoire de Palynologie
1, rue Blessig
F -67084 Strasbourg
[2] Musée de Géologie
F -12300 Decazeville
[3] « La Physiophile »
Société d'Étude des Sciences naturelles et Historiques
23, rue Jules Guesdes
F -71300 Montceau-les-Mines
[4] Université de Monptellier II
Institut des Sciences de l'Évolution
Laboratoire de Paléobotanique, URA CNRS 327
F -34095 Montpellier Cedex 5
[5] *auteur pour correspondance*
Université Pierre et Marie Curie
Institut Fédératif d'Écologie Fondamentale et Appliquée, FR3
12, rue Cuvier
F -75005 Paris

ÉDITIONS
DU MUSÉUM
PARIS

1995

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

SOMMAIRE
CONTENTS

Pages

ABSTRACT 11

RÉSUMÉ 11

EXTENDED ABSTRACT 13

INTRODUCTION 17

Le pourquoi de cet ouvrage 17

Méthodes utilisées et difficultés rencontrées 17

Géologie 18

LE BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE. GÉOLOGIE

Description sommaire du bassin houiller de Saint-Étienne 19

Généralités 19

Situation 19

Principales étapes de la connaissance du bassin au 19e siècle 21

Le Stéphanien 22

Définition 22

Le Stéphanien et ses subdivisions selon Paul BERTRAND 22

Les études géologiques durant la période 1940-1980 23

Les objectifs et les résultats 23

Les sondages 26

Stratigraphie du bassin houiller de Saint-Étienne 26

Dénomination et corrélation des couches 26

Les faciès et les gores 26

Deux interprétations possibles 27

— La série stratigraphique d'après les travaux de DE MAISTRE 27

— Hypothèse tectonique de BOUROZ 31

Observations 33

Commentaires 33

Source : MNHN, Paris

LES OBSERVATIONS PALÉOBOTANIQUES

Les précurseurs 35

François Cyrille Grand'Eury 39

L'homme 39
L'œuvre scientifique 39
Flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France 42

Les travaux de 1880 à 1920 45

LA FLORE FOSSILE

Origine des collections étudiées 47

Le matériel 49

La macroflore 51

Embranchement des Thallophyta 51
Embranchement des Lycophyta 52
Classe des Lycopodiopsida 52
Ordre des Lycopodiales 52
Classe des Lepidophytopsida 53
Ordre des Lépidophytales 53
Embranchement des Sphenophyta 82
Classe des Sphenophyllopsida 82
Ordre des Sphénophyllales 82
Classe des Calamitopsida 86
Ordre des Calamitales 86
Embranchement des Pteridophyta 103
Classe des Coenopteridopsida 103
Ordre des Coenoptéridales 103
Ordre des Zygoptéridales 109
Classe des Filicopsida 114
Ordre des Marattiales 114
Ordre des Filicales 127
Filicopsida incertae sedis 129
Embranchement des Spermatophyta 171
Classe des Pteridospermopsida 171
Ordre des Callistophytales 171
Ordre des Ptéridospermales 174
Ordre des Peltaspermales 232
Classe des Cycadopsida 235
Ordre des Cycadales 235
Classe des Cordaitopsida 240
Ordre des Cordaitales 240
Classe des Dicranophyllopsida 264
Ordre des Dicranophyllales 264

Source : MNHN, Paris

Classe des Coniferopsida 265
Ordre des Voltziales 265

La microflore 270

Les études palynologiques dans le bassin de Saint-Étienne 270

La composition de la microflore stéphanienne 271
Spores trilètes 272
Spores monolètes 280
Grains de pollen 284
Bisaccates 284
Monocolpates 286
Polyplicates 287
Mégaspores 288

Commentaires 290

ANALYSE QUANTITATIVE DES MACROFLORES

Comptages effectués à partir des échantillons revus 295

Interprétations et commentaires 298

LE STÉPHANIEN

Rappel historique 303

Situation actuelle 303

Définitions 303
Zonation biostratigraphique et macroflores 304
Corrélations chronostratigraphiques 304

Données stéphanoises et Stéphanien 305

Données factuelles 305
Le Cantabrien 310
Le Barruelien 311
Le « Forézien », étage nouveau pour le Stéphanien supérieur 315

Le Stéphanien continental 317

REMERCIEMENTS 318

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 319

ANNEXES 336

1. Sondages 336
2. Équivalences entre l'*Index Plantarum* de GRAND'EURY et le présent ouvrage 337
3. Présentation des auteurs et répartition des tâches 347

POSTFACE 349

INDEX 353

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

RÉSUMÉ

DOUBINGER, J., VETTER, P., LANGIAUX, J., GALTIER, J. & BROUTIN, J., 1995. — La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, **164** : 1-357. Paris ISBN : 2-85653-218-7.
Publié le 30 octobre 1995.

Une révision de la flore du Stéphanien (Carbonifère supérieur) de Saint-Étienne est présentée. Elle est fondée sur le ré-examen d'environ huit mille spécimens de macroflore en compression ou perminéralisés. Un historique détaillé des études sur la géologie du bassin précède l'étude taxonomique qui concerne la macroflore (97 genres et 252 espèces) ainsi qu'une description de la microflore. Une analyse quantitative a été réalisée sur près de deux mille spécimens en compression. Il est démontré que la flore de la Formation de Rive de Gier (la plus ancienne dans le bassin) est distincte de toutes les autres par l'abondance relative des lycophytes, lesquelles déclinent brutalement et disparaissent dans les niveaux sus-jacents. Les sphénophytes et les cordaites sont un composant régulier de la flore alors que les fougères arborescentes en sont l'élément dominant devant les Ptéridospermales Medullosaceae. L'analyse palynologique confirme le contraste entre la Formation de Rive de Gier et les niveaux sus-jacents suggérant la présence dans le bassin de deux unités palynostratigraphiques. Finalement, compte-tenu du fait qu'aucun autre niveau contemporain n'a livré une flore aussi riche, nous proposons que la Formation supérieure de Saint-Étienne (au dessus de Rive de Gier) soit utilisée comme référence biostratigraphique pour l'étage supérieur (jusqu'ici resté sans nom) de la série stéphanienne. Le nom de « Forézien » est proposé pour cet étage qui remplace le précédent « Stéphanien B-C ».

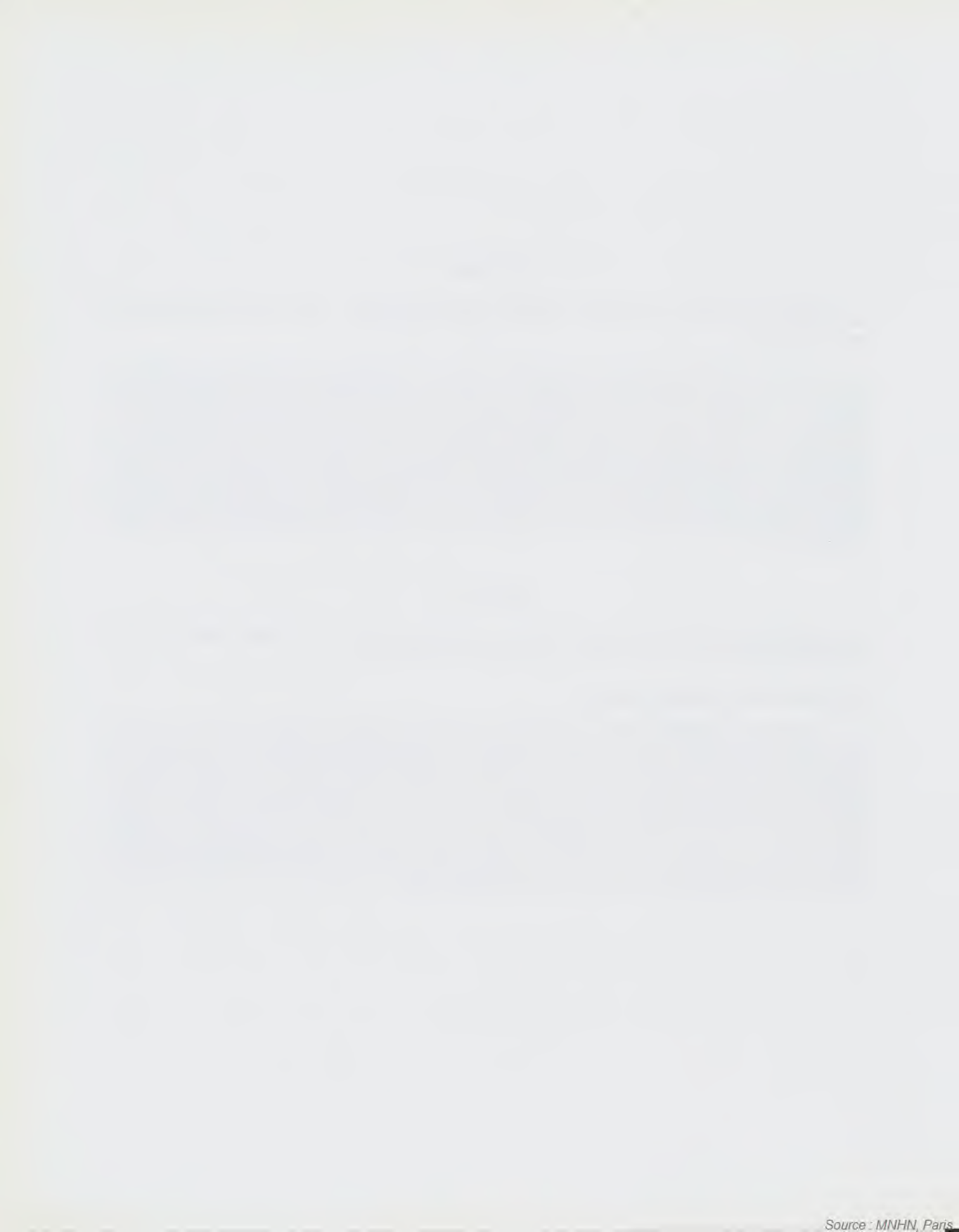
ABSTRACT

DOUBINGER, J., VETTER, P., LANGIAUX, J., GALTIER, J. & BROUTIN, J., 1995. — La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, **164** : 1-357. Paris ISBN : 2-85653-218-7.
Published 30th october 1995.

The fossil flora of the Saint-Étienne coal basin.

A revision of the Stephanian (Upper Carboniferous) flora from Saint-Étienne is presented. This work is based on re-investigation of about eight thousand specimens of macroflora. Following a detailed historical survey of the geology of the basin, this taxonomic study concerns the macroflora preserved as compressions and permineralizations (97 genera and 252 species) and a study of the microflora. A quantitative analysis based on nearly two thousand compression specimens establishes that the Rive de Gier (lowermost) flora of the basin is distinct from all the others by the relative abundance of arborescent lycopsids which abruptly decrease and disappear in more recent strata. Sphenopsids and cordaites are a regular element of the flora whilst tree-ferns are the dominant element before the medullosan pteridosperms. The palynological analysis confirms the contrast between the assemblage from the Rive de Gier Formation and the overlying strata, suggesting the presence of only two main palynostratigraphic units. Finally, considering that no other contemporaneous deposit has yielded a richer flora, we propose that the whole upper Formation of Saint-Étienne (i.e. overlying the Rive de Gier Formation) should be used as a biostratigraphic reference for the unnamed upper stage of the Stephanian series. The name 'Forezian' is proposed for this stage which would replace the previous 'Stephanian B-C'.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

EXTENDED ABSTRACT

DOUBINGER, J., VETTER, P., LANGIAUX, J., GALTIER, J. & BROUTIN, J., 1995. — La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, **164** : 1-357. Paris ISBN : 2-85653-218-7.
Published 30th october 1995.

The fossil flora of the Saint-Étienne coal basin.

The stratigraphic series 'Stephanian' was named after Saint-Étienne and based on strata containing a particularly rich and varied fossil flora which has been described, more than a century ago, by Cyrille GRAND'EURY (1877). Since that time, no exhaustive work has been undertaken on the Saint-Étienne flora whilst, in contrast, a number of studies have been recently published on basins of comparable age in Germany, Saarland, Bohemia, Spain, the United States and China.

Unfortunately, GRAND'EURY's work is becoming increasingly out of date, particularly with regard to the rules of nomenclature and a considerable number of the taxa created by this author are proved to be without taxonomic value.

— Our first objective was to complete the revision of all the existing fossil plant collections from the Saint-Étienne basin. This included a critical reconsideration of GRAND'EURY's studies and of all recent data resulting from mining and field collecting. We reinvestigated eight thousand specimens preserved as compressions and 2 thousand historical thin sections yielding the anatomy of silicified plants.

— Our second objective, a corollary of the first, was to define the floristic significance of plant associations for the whole Stephanian. This would allow a more fruitful collaboration of the specialists working worldwide on late Palaeozoic fossil floras.

The present study comprises the following main chapters: Geology of the basin including a detailed historical survey; Palaeobotany with the description of the macro- and microfloras; Quantitative analysis and Significance of the Stephanian as a chronostratigraphic unit.

Geology of the basin: The Saint-Étienne coal basin, sometimes called the Loire basin, is the largest and the most important of the coal basins in the French Massif Central. It is situated about 50 km SW of Lyon and is characterized by a NE-SW (variscan) orientation (Fig. 1).

A detailed historical survey of studies on the geology of this basin since the beginning of the 19th century emphasizes the importance of work by GRÜNER (1881-1882) and GRAND'EURY (1877). GRAND'EURY's work provided the first biochronological interpretation based on five successive floral zones, from the base to the top: 'Étage de Rive de Gier', 'Étage des Cordaitées', 'Étage des Filicacées', 'Étage des Calamodendrées' and 'Étage ambigu permo-carbonifère'. The series Stephanian, named after Saint-Étienne by MUNIER-CHALMAS & DE LAPPARENT (1893), was founded on strata containing fossil flora, but the concept of the Stephanian has been subsequently modified many times. P. BERTRAND (1918-1937) distinguished four parts: Lower Stephanian = faisceau de Rive de Gier; 'Étage intermédiaire' = 'Étage des Cévennes'; Middle Stephanian = 'Étage des Cordaitées p.p. et des Filicacées'; Upper Stephanian = Série d'Avaize- 'Étage des Calamodendrées'. PRUVOST (1951) recognized three subdivisions (Stephanian A,B,C); whilst DOUBINGER (1956) proposed the adjunction of a fourth subdivision (Stephanian D). In 1972, BOUROZ *et al.* suggested that the Stephanian series should comprise the four stages: Cantabrian and Stephanian A, B, C, but WAGNER (1985) substituted the Barruelian for Stephanian A (Table 6). One of the aims of the present study was to reconsider, from a biostratigraphical point of view, the pertinence of such a subdivision of the Stephanian.

A historical survey of the significant studies on the stratigraphy of the basin focuses the two interpretations (DE MAISTRE, 1963, and BOUROZ, 1978). Progress in understanding the stratigraphy of the basin naturally followed the development of mining works. The first interpretation elaborated by PRUVOST (1947a,b, 1949) and DE MAISTRE (1949a,b, 1963) suggested the presence of two main stratigraphic units (Fig. 2-3): one 'in situ' unit or 'Gisement en place', 2400 m thick, in the north of the basin comprising the Assise de Rive de Gier and the Assise de Sorbiers; and one thrust unit or 'Gisement charrié', 3000m thick, in the south, comprising the Assise des couches de Saint-Étienne, the Faisceau de Bellevue and the Formation de Couronnement. BOUROZ (1978) presented a new tectonic interpretation of the basin (Fig. 5) suggesting the occurrence of two autochthonous formations lying on the cristalline basement: the Autochthonous I, restricted to the Assise de Rive de Gier or Stephanian A; and the Autochthonous II, in the Talaudière area, which comprises the Poudingue mozaïque and the Assise de Sorbiers (Stephanian B-C). In addition, the thrust formation, corresponding to the description of DE MAISTRE, comprises the Faisceau de Gruner or Assise de Saint Etienne (Stephanian B), the Faisceau de Beaubrun and the Faisceau des Littes (Stephanian C), the Faisceau des Combes or Bellevue and the Étage de couronnement (Stephanian D). BOUROZ was able, using cinerites, to correlate the 14th Chazotte seam in the Autochthonous II Formation with the 1st Crue-Littes seam in the thrust Formation.

Geological studies in progress (see Postface) suggest that there were no thrust units in the basin and that the actual thickness of the whole basin deposits should be much reduced. This is in agreement with the new interpretation of the flora presented in this paper.

Source : MNHN, Paris

Palaeobotany: The taxonomic revision of the flora represents the most important part of the present study. Since GRAND'EURY's work, our analysis constitutes the only available monography on this subject. Moreover, our study includes the first description of the macroflora preserved as compressions, along with that of plants preserved as permineralizations together with the microflora. In addition, a quantitative approach (based on numbers of specimens and of taxa) is also presented for the first time (Tables 3 & 4). This will allow a better comprehension of the global significance of the biostratigraphic units.

The systematic study of the macroflora involved the identification of about eight thousand specimens of taxa preserved as compressions and nearly two thousand sections of permineralized plants studied from collections kept in the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, the Ecole des Mines, Saint-Étienne, and the Universities of Lyon, Lille and Montpellier. 97 genera and 252 species from the macroflora have been recognized, including 48 genera and 98 species of permineralized plants. This study resulted in a major reconsideration of the nomenclature including the designation of type-specimens and the description of new taxa. Interestingly, it was possible to recognize numerous type-specimens by comparison with original illustrations for both compressions and permineralizations. In addition, we present, in this work, the first photographic illustrations of many taxa.

1) The composition of the **compression macroflora** may be summarized as follows:

The lycopsids (Figs 10-53) are represented by 30 taxa (identified at the specific level), comprising the genera *Lycopodites*, *Lepidodendron*, *Lepidophloios*, *Sigillaria*, *Syringodendron*, *Asolanus*, *Cyperites*, *Lepidophylloides*, *Stigmaria*, *Stigmariopsis*, *Lepidocarpon* and *Lepidostrobus*. These genera are all present in the Rive de Gier formation but abruptly decrease and disappear higher up with the exception of *Sigillaria*. One new species, *Lepidodendron clipeiforme* has been described.

The sphenopsids (Figs 54-90) are represented by 21 species and the genera *Sphenophyllum*, *Asterophyllites*, *Annularia*, *Calamites*, *Calamostachys* and *Macrostachya*. They occur throughout the whole stratigraphic sequence and some species, like *Sphenophyllum oblongifolium*, *Annularia sphenophylloides* and *Annularia stellata* are very common and distributed through the whole sequence (Table 7).

The ferns (Figs 110-217) are the most diversified group with 58 species from the genera *Asterotheca*, *Senftenbergia*, *Pecopteris*, *Sphenopteris*, *Alloiopteris*, *Caulopteris*, *Megaphyton*, *Schizopteris* and *Schizostachys*. Even if there may be an overrepresentation of the number of species of *Pecopteris* (34), this taxon is the characteristic dominant element of the whole flora. Some species are present or common throughout the complete stratigraphic sequence e.g. *P. cyathea*, *P. daubreei*, *P. polymorpha*, *P. plumosadentata*, *P. unita* and *P. viannae* (Table 7). One new species, *P. parvula*, has been described.

The seed-ferns or Pteridospermopsida (Figs 218-335) comprise 40 species and are the most diversified at the generic level with *Alethopteris*, *Neuropteris*, *Odontopteris*, *Lescuropteris*, *Reticulopteris*, *Linopteris*, *Eusphenopteris*, *Pseudomariopteris*, *Dicksonites*, *Callipteridium*, *Autunia*, *Arnhardtia*, *Dichophyllum*, *Lodevia*, *Cyclopteris*, *Pachytesta*, *Trigonocarpus*, *Dolerophyllum*. Common and long ranged species are *Neuropteris planchardii*, *Odontopteris reichiana*, *Reticulopteris germari*, *Dicksonites sterzelii* and *Callipteridium gigas* (Table 7). Of interest is the first occurrence of peltasperm callipterids (*Autunia*, *Arnhardtia*) in the Beaubrun formation. One new species, *Callipteridium rotundifolium*, has been described.

Three species of *Taeniopteris* and one of *Lesleya* (Figs 336-341) represent the oldest records of Cycadales.

The Cordaitales (Figs 342-376) comprise 11 species of the genera *Cordaites*, *Poacordaites*, *Dorycordaites*, *Cordaianthus*, *Cardiocarpus* and *Artisia*. The two genera *Cordaites* and *Cardiocarpus* are present through the whole sequence but there is no long ranged species (Table 7).

Finally, the genera *Walchia* and *Dicranophyllum* (Figs 377-387) are the oldest representatives of the Coniferopsida and the Dicranophyllopsida with only three species *Walchia piniformis*, *W. gallica* and *Dicranophyllum gallicum* present.

The taxonomic significance of several important plants, for example the genera *Pecopteris*, *Autunia* (*Callipteris*) and *Walchia*, is especially discussed.

2) **The permineralized flora of Grand-Croix** is restricted to one stratigraphic horizon and is more or less contemporaneous with the Rive de Gier Formation assemblage, but it is very different in composition.

Notable is the absence of lycopsids with the exception of isolated megaspores of the genus *Valvisisporites*.

The sphenopsids (Figs 80-86) are represented by the genera *Sphenophyllum*, *Sphenophyllostachys*, *Astromyelon*, *Arthropitys*, *Calamodendron* and *Calamostachys*.

Ferns (Figs 91-109) are represented by 22 species from 11 genera: *Anachoropteris*, *Tubicaulis*, *Botryopteris*, *Ankyropteris*, *Biscalitheca*, *Etapteris*, *Psaronius*, *Stewartiopteris*, *Stipitopteris*, *Scolecopteris* and *Parkerioidea*. Most of these, even at the specific level, are known from coal balls of equivalent Stephanian age from the United States.

However, the assemblage is dominated by gymnosperms with 27 species and 20 genera of pteridosperms and 21 species and 11 genera of Cordaitales. There are no conifers. In fact, amongst the pteridosperms, only two genera of stems, *Callistophyton* and *Medullosa* (Figs 222-226), are recorded in contrast to 15 genera of ovules (Figs 237-246 and 254-262). Some of these ovules are known elsewhere (e.g. *Codonospermum*, *Pachytesta*, *Stephanospermum*, *Gnetopsis*, *Hexapterospermum*) as well as the male fertile organ *Dolerotheca*, but most of these taxa are 'endemic' to the Grand-Croix assemblage. Cordaitales are less diversified taxonomically with the genera *Cordaixylon*, *Cordaites*, *Cardiocarpus*, *Cordaianthus*, *Cyclospermum*, *Diplotesta*, *Leptocaryum*, *Rhabdospermum*, *Taxospermum* and *Amyelon* (Figs 342-363), but these taxa form the dominant element of the assemblage as shown by quantitative studies [with 57 % of the taxa before the pteridosperms (21 %), ferns (14 %) and sphenopsids (9 %)].

3) **Microflora**: Based on the analysis of new samples and on the revision of previous studies (particularly LIABEUF & ALPERN, 1969), a list of 65 genera and 108 species is presented.

The microflora (Figs 388-391) is dominated by pteridophyte spores (42 genera). The trilete spores are the most diversified but not very abundant with the exception of *Calamospora*, *Verrucosisporites*, *Triquitrites*, *Lycospora*, *Densosporites* and *Savitrisporites* which exceed 5 %. The highest percentages are noted in the Assise de Rive de Gier for the lycopsid genera *Lycospora* (41 %) and *Densosporites* (32 %). Monolete spores are less diversified, but very abundant in the overlying formations with, for example, *Laevigatosporites* reaching 72 %, *Thymospora* 57 %, and *Punctatosporites* 37 %, in the Assise des couches de Saint-Étienne.

This palynological analysis confirms the contrast between the microfloral assemblage from the Rive-de-Gier formation, where trilete spores are highly diversified, and that from the overlying strata with dominant monolete spores and intermittent

Source : MNHN, Paris

abundance of saccate pollen (Fig. 391). Two main palynostratigraphic units (and not 3 or 4) are thus suggested for the whole coal basin section in Saint-Étienne.

Quantitative analysis: This work is based on the reinvestigation of several collections of Saint-Étienne fossil plants, particularly those kept in the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, the Ecole des Mines, Saint-Étienne and the Musée of Lyon. 1931 compression specimens yielding 5714 taxa from all the successive formations of the basin have been counted and expressed as percentages. The results of a previous quantitative analysis of the permineralized flora of Grand-Croix (GALTIER & PHILLIPS, 1985) concerning 185 chert specimens showing 903 taxa have been added.

The data presented in Tables 3 A-B and 4 indicate the relative distribution of the most significant taxa in the assemblages from the successive Formations of the basin. The Rive-de-Gier (lowermost) flora is quite distinct from all the others by the relative abundance (11 %) of Lycophytes (Table 3B) which decrease to less than 1 % and disappear in the overlying Formations where the tree ferns (pecopterids) and medullosan pteridosperms become the dominant elements, such as in the Bellevue Formation where *Pecopteris* reaches 58 % and pteridosperms reach 11 %, and in the Littes Formation where pteridosperms reach 41 %. Sphenopsids are a regular and important element (9 to 20 %) in all Formations as well as cordaiteans (8 to 16 %). As already mentioned, cordaiteans are especially abundant (57 %) in the Grand-Croix flora. The differences between the Grand-Croix assemblage and the others may be interpreted in terms of ecology and transport.

The extinction of arborescent lycopods, except *Sigillaria brardii*, has been documented in the major coal regions (PHILLIPS *et al.*, 1974; SHEHEGOLEV, 1975) but slightly earlier, at the Middle — Upper Pennsylvanian boundary. In the United States, this massive extinction has been interpreted (PHILLIPS *et al.*, 1974; PHILLIPS & PEPPERS, 1984) to be the result of a drastic drying of the climate which should not be quite synchroneous in the limnic basins of Europe.

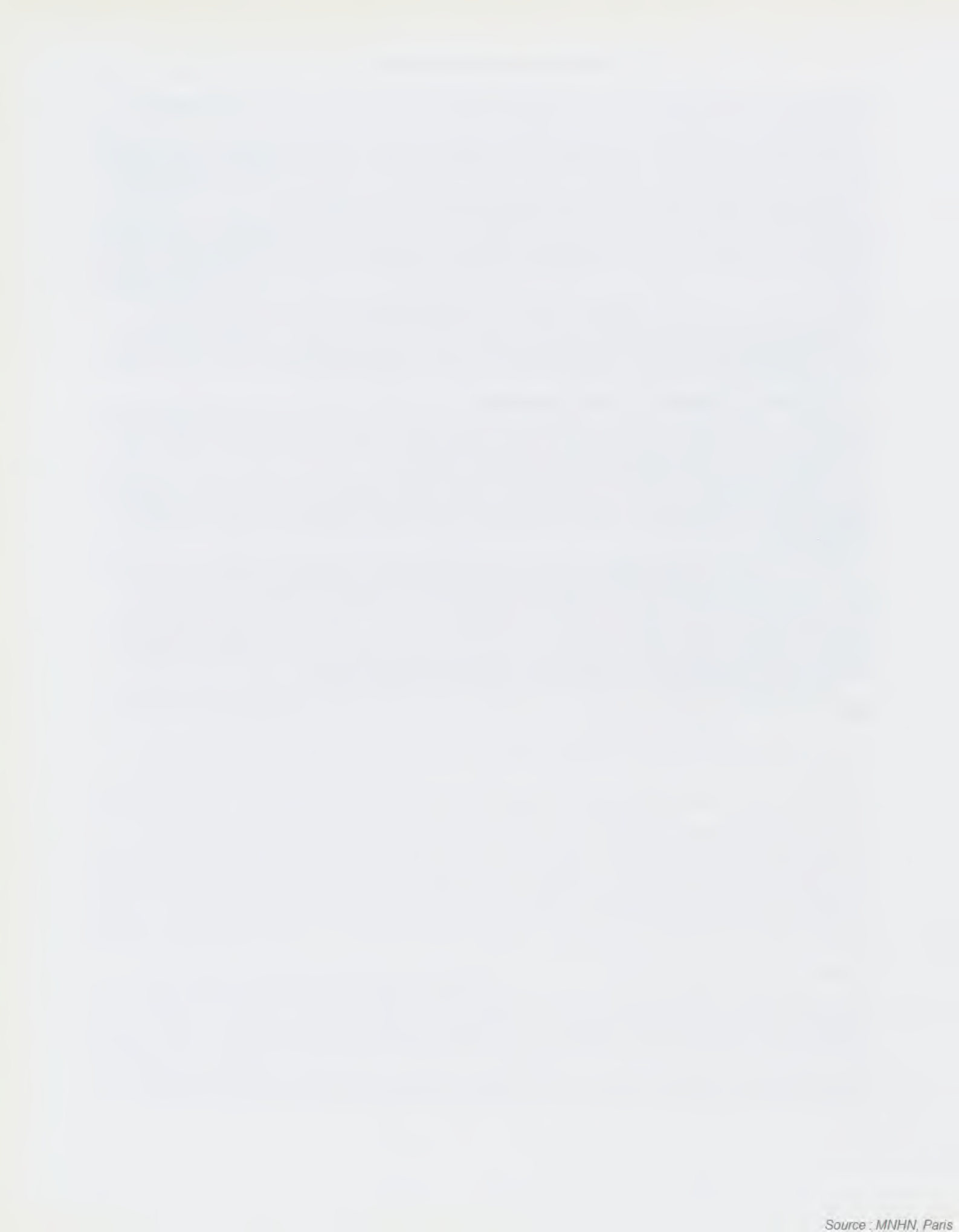
Significance of the Stephanian as a chronostratigraphic unit:
In the last part of this study we summarize the most significant paleontological data for the biochronology of the Saint-Étienne coal basin. These data are used in a discussion of the present concept of the Stephanian as a stratigraphic "Series" which includes, from the base upwards, (Table 6) the stages Cantabrian, Barruelian (= lower Stephanian) and an unnamed upper stage equivalent to the previous "Stephanian B and C" (= upper Stephanian).

A detailed comparison of the floras from the Barruelian stratotype in Spain and from the Rive-de-Gier Formation demonstrates their close similarity (27 taxa in common), but the Rive-de-Gier flora is richer and more diversified, containing 81 taxa instead of 59 at Barruelo (Tables 8 and 9). The most significant difference concerns the arborescent lycopods, still abundant and diversified at Rive-de-Gier whilst almost absent in the Barruelian assemblages. The Cantabrian and basal Barruelian have marine levels in their stratotypes but their biochronology is based, mainly if not exclusively, on continental macrofloral taxa.

We consider that the paleontological — floral data used as a basis for the chronostratigraphy of the Rive-de-Gier and of the upper Formation in the Saint-Étienne basin (Table 7) are equally reliable. Furthermore, considering that there is no known locality with intercalated marine and continental deposits and that no other contemporaneous continental deposit has yielded a richer flora than that from the upper Formation in Saint-Étienne, we propose to use it as a biostratigraphic reference for the unnamed upper stage of the Stephanian series. It is of importance that this Formation and new stage is characterized by the first appearance of a large number of species: *Pecopteris affinis*, *P. clintonii*, *P. feminaeformis*, *P. major*, *P. microphylla*, *P. pectinata*, *P. platonii*, *Sphenophyllum longifolium*, *Sphenopteris mathetii*, *S. leptophylla* (al. *Ovopteris pecopteroides*), *Odontopteris brardii*, *O. minor*, *O. pseudoschlotheimii*, *O. subcrenulata*, *Neuropteris cordata*, *N. pseudo-blissii*, *Linopteris brongniartii*, *Alethopteris pennsylvanica*, *Pseudomariopteris busquetii* and *Taeniopteris jejunata*.

It is useful, both historically and scientifically, to characterize this currently unnamed upper stage of the Stephanian from strata in the Saint-Étienne basin; we propose for it the name "Forezian" which would replace the previous "Stephanian B and C".

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

Le pourquoi de cet ouvrage

Le bassin houiller de Saint-Étienne, le plus important des bassins limniques du Massif Central, a livré une flore fossile particulièrement abondante et variée. Cette flore a été étudiée — il y a plus d'un siècle — par Cyrille Grand'Eury (1877) qui lui a consacré un magistral ouvrage descriptif. Mais, hormis quelques travaux complémentaires, aucune étude exhaustive n'a jamais été entreprise depuis lors sur la flore de Saint-Étienne.

De nos jours, l'intérêt de l'ouvrage demeure parce qu'il est source de très nombreux renseignements ; mais le temps a passé, de nombreux travaux ont été publiés de par le monde sur des bassins du même type (Sarre, Allemagne, Bohême, Espagne, États-Unis) qui souvent font référence à la flore de Saint-Étienne.

Par contre, l'ouvrage de Grand'Eury a manifestement beaucoup vieilli au regard des lois de la nomenclature devenues plus précises et plus exigeantes. Beaucoup d'espèces et de variétés créées par Grand'Eury n'ont, à présent, aucune valeur par rapport aux prescriptions admises par tous. Pour autant, des pièces conservées mais mal nommées ne sont pas sans valeur et doivent être, après correction, réintroduites à leur juste place dans les listes de la Systématique.

On ne pouvait laisser les choses en l'état ; il fallait tenter d'y voir clair, revenir aux sources et entreprendre la révision de toutes les principales flores fossiles récoltées dans le bassin de Saint-Étienne.

1. — Notre premier objectif a donc été de mener à bien la révision des collections existantes afin de définir le plus exactement qu'il se peut la composition de la flore fossile du bassin de Saint-Étienne. Cela supposait une critique sérieuse des travaux de Grand'Eury et l'incorporation de toutes les données nouvelles dues aux travaux miniers, aux sondages et aux récoltes sur le terrain. Nous avons ainsi revu plusieurs milliers d'échantillons sous forme d'empreintes (compressions) et environ deux mille lames minces révélant la structure anatomique de nombreux végétaux silicifiés.

2. — Notre second objectif, corollaire du premier, vise à mieux définir l'ensemble floristique de l'étage stéphanien dans sa totalité ; ce qui permettra une plus fructueuse collaboration avec les spécialistes qui, dans le monde, travaillent sur les flores fossiles du Paléozoïque supérieur.

L'étage Stéphanien créé par Munier-Chalmas et de Lapparent (1893) a été divisé en trois sous-étages (inférieur, moyen et supérieur) définis par rapport aux études de Grand'Eury sur les flores du bassin de Saint-Étienne et d'Alès. Par la suite ces trois sous-étages ont été désignés par des lettres : A (= inférieur), B (= moyen), C (= supérieur) et plus tard complétés par un Stéphanien D correspondant aux zones de passage du Stéphanien à l'Autunien (Doubinger, 1956).

Méthodes utilisées et difficultés rencontrées

Depuis juin 1987, début de nos premières séances de révision, nous avons, ensemble, systématiquement repris l'étude des fossiles végétaux conservés à l'École Nationale Supérieure des

Source : MNHN, Paris

Mines de Saint-Étienne et à l'Office National de Gestion des Collections Paléontologiques de l'Université Claude Bernard à Lyon.

Les années suivantes, nous avons opéré sur les collections du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris : collections BRONGNIART, GRUNER, RENAULT et surtout la collection GRAND'EURY. Au cours des cent dernières années, cette collection a manifestement souffert de plusieurs déplacements à l'intérieur du Muséum, ce qui a entraîné de sérieuses pertes d'information : échantillons fragmentés, pertes d'étiquettes, apport de pièces d'autres provenances.

On doit à Madame BLANC, Professeur au Muséum, d'avoir déployé beaucoup de constance et de patience pour corriger le mieux possible les erreurs de conservation des générations antérieures. Il est probable que de nombreux types définis par GRAND'EURY sont restés noyés dans la masse des fossiles dont les indications de provenance ont été égarées ou rendues illisibles.

En effet, dans sa « Flore carbonifère », GRAND'EURY (1877) a créé 137 taxons nouveaux et 12 variétés portant ainsi à 346 espèces et 32 variétés et sous-variétés le nombre total de taxons relevés par lui dans le bassin de Saint-Étienne.

Pour notre part, nous avons recensé quelque 250 espèces dont une dizaine sont nouvelles. Cela reviendrait à souligner que l'étude d'un site n'est jamais complètement achevée et qu'il peut toujours rester des éléments à découvrir.

GÉOLOGIE

La présentation géologique du gisement de Saint-Étienne se réfère essentiellement aux travaux de J. DE MAISTRE (1949 à 1965) et à ceux de BOUROZ (1978). Les opinions de ces deux auteurs s'accordent sur la succession de la coupe-type de référence, mais divergent en ce qui concerne l'histoire tectonique du bassin. Ces différences d'interprétation n'interviendront pas dans la conduite de notre travail puisque les deux auteurs admettent la même échelle stratigraphique révélée par l'ensemble du gisement charrié ; ce dernier est bien connu par ses affleurements, les travaux d'exploitation et les sondages. La puissance totale du terrain houiller est de l'ordre de 5000 m.

La plupart des fossiles végétaux que nous avons étudiés proviennent du toit des couches de houille exploitées par travaux souterrains ou recoupées par des sondages. Dans le premier cas, les empreintes à étudier sont inscrites sur des plaques schisteuses de dimensions variables ; dans le second cas, il s'agit de carottes de sondage dont le diamètre n'excède pas 12 cm pour les plus grandes. À l'origine, chaque société minière a dénommé les couches qu'elle exploitait, ce qui a engendré une diversité considérable d'appellations sur l'ensemble du bassin. Un gros travail a été entrepris entre 1947 et 1955 pour unifier toutes ces appellations. Les indications portées sur les échantillons de GRAND'EURY et des auteurs suivants ont dû être soigneusement « traduites » pour être replacées à leur véritable niveau stratigraphique.

Source : MNHN, Paris

LE BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE. GEOLOGIE

Description sommaire du bassin houiller de Saint-Étienne

Généralités

Le bassin houiller de Saint-Étienne, appelé parfois bassin de la Loire, est le plus étendu et le plus important des bassins houillers du Massif Central français.

Notons tout de suite que le terme bassin de la Loire peut prêter à confusion. En effet, il existe dans le Massif Armoricain un bassin houiller dit de la Basse-Loire qui n'a aucun rapport avec le gisement de Saint-Étienne. D'autre part, les petits gisements à anthracite du Culm connus dans le département de la Loire (région du Roannais) sont tout à fait étrangers au bassin de Saint-Étienne.

On sait que l'étage Stéphanien créé par Munier-Chalmas et de Lapparent (1893) est défini par la succession des flores fossiles inventoriées par Grand'Eury (1877) dans le bassin de Saint-Étienne.

Situation

Le bassin houiller de Saint-Étienne se situe dans le quart Sud-Est de la France, à quelque 50 km au Sud-Ouest de l'agglomération lyonnaise, entre la vallée de la Loire à l'Ouest et la vallée du Rhône à l'Est (fig. 1 et carte h.-t.).

Il est allongé Nord 45° à 50° (direction varisque) et s'inscrit dans un triangle (12 × 37 km) dont les sommets sont la Fouillouse au Nord, Firminy au Sud-Ouest et la Madeleine au-delà de Rive de Gier au Nord-Est. En réalité, une étroite bande de terrain houiller se poursuit en continuité depuis la Madeleine jusqu'au témoin de Tartaras.

Le bassin est enchâssé entre la série métamorphique du Lyonnais (Massif de Riverie) au Nord, les granites du Forez à l'Ouest et la série métamorphique du Pilat au Sud. La totalité du matériau sédimentaire accumulé dans le bassin provient de ces massifs cristallins fortement attaqués par l'érosion pendant toute la durée du Stéphanien.

Le terrain houiller proprement dit et les formations rouges terminales sont entièrement découverts sur toute la surface du bassin, soit 207 km^2 environ, à l'exception d'un lambeau d'âge tertiaire situé au Nord de Firminy dans le secteur du puits Raboin. Le relief est accidenté avec des hauteurs dépassant 650 m d'altitude et accusant des dénivellations importantes. Le bassin est drainé vers le Rhône par le Gier et, vers la Loire, par l'Ondaine et le Furan.

Vers l'Est, au-delà de Rive de Gier, des témoins de terrain houiller (Tartaras, Dargoire, Saint-Martin, Givors, Ternay et Communay) relient, par-dessus le seuil de Givors, le bassin de Saint-Étienne au bassin de Lyon ou du Bas-Dauphiné qui se développe sous les formations secondaires et tertiaires de la plaine du Rhône.

L'habitat est assez dense, notamment au centre du bassin et le long de sa bordure sud. Saint-Étienne (200.000 habitants), préfecture du département de la Loire, et sa proche banlieue se sont considérablement étendus depuis 1950, de même que les villes avoisinantes : Firminy,

Source : MNHN, Paris

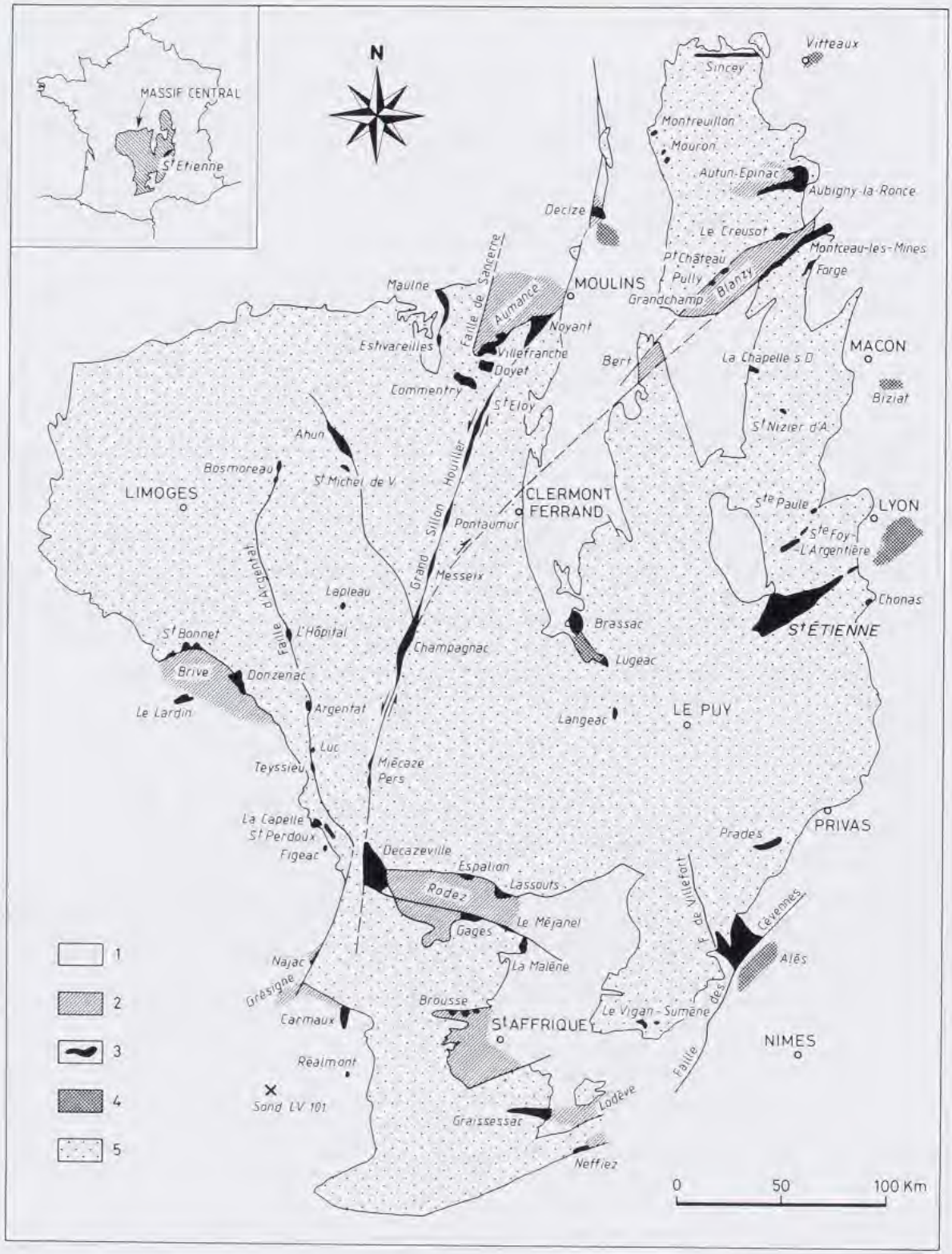


Fig. 1. — Bassins carbonifères et permiens du Massif Central français. 1 : Formations post permiennes ; 2 : terrains permiens ; 3 : Bassins houillers ; 4 : Gisements carbonifères possibles (sub surface) ; 5 : Socle.

Fig. 1. — Carboniferous and permian basins from the french Massif Central. 1: post Permian formations; 2: Permian outcrops; 3: Coal basins; 4: Subsurface presumed carboniferous stratas; 5: Basement.

Source : MNHN, Paris

Saint-Chamond, Rive de Gier. Et cela malgré l'arrêt de l'exploitation souterraine du charbon en 1980 et la restructuration de la métallurgie.

Ce réaménagement de l'espace industriel et urbain a fait disparaître de nombreux points d'observation cités par les auteurs du siècle dernier. D'autres sites sont devenus inaccessibles, masqués qu'ils sont par des constructions nouvelles ou par des travaux autoroutiers. Il sera nécessaire de retrouver et de protéger des affleurements significatifs permettant de conserver les types de faciès et les points fossilifères les plus intéressants.

L'utilisation du charbon de terre — et donc son extraction — remonte sans doute au milieu du 12e siècle. Les exploitations sont restées des plus artisanales jusqu'à la deuxième moitié du 18e. MORAND LE MÉDECIN (1773 : 582) donne une description des travaux miniers dans le Haut-Forez et dans le Lyonnais. Le charbon de Saint-Étienne a joué un rôle important sur le plan national au cours de la période d'industrialisation du 19e siècle.

Les derniers puits ont été fermés au cours des années 1970-1980.

On estime que la production totale du bassin de Saint-Étienne est de l'ordre de 450 millions de tonnes.

LES PRINCIPALES ÉTAPES DE LA CONNAISSANCE DU BASSIN

Les premières publications sont surtout descriptives et intéressent principalement la région de Rive de Gier, exploitée par un grand nombre de puits. Une première étude d'ensemble est due à BEAUNIER (1816) ; elle sera reprise par DUFRENOY et ELIE DE BEAUMONT (1841). On citera également les ouvrages de BURAT (1851, 1868 et atlas), les notes de LESEURE (1858-59, 1859-60), MEUGY (1845, 1847), MAUSSIER (1872a et b). Très vite, ces auteurs abordent les problèmes de corrélation entre les différents secteurs : nombre de couches de charbon, variations d'épaisseur, place stratigraphique des poudingues de Saint-Chamond.

Il faudra attendre la parution des travaux de GRUNER (1847, 1866) et notamment les deux volumes édités dans la série « Études des gîtes minéraux de la France » (1882) et un Atlas (1881) de plans et de coupes des travaux miniers pour avoir une vue d'ensemble sur la géologie du bassin et sur la succession des différentes formations sédimentaires. GRUNER décrit les faciès, les failles, les accidents sédimentaires, les charbons et aborde ensuite la description détaillée de chacun des districts du bassin.

À la même époque, GRAND'EURY (1877) publie son ouvrage sur « La flore carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France », avec une carte géologique en couleurs au 1/80.000. Cet ouvrage fondamental, analysé plus loin, dans la rubrique consacrée à l'œuvre scientifique de GRAND'EURY, donne la première échelle stratigraphique du Houiller de Saint-Étienne basée sur les étages de végétation fossile (GRAND'EURY, 1877 : 493-502).

De la base au sommet :

Étage de Rive de Gier,
Étage des Cordaïtées,
Étage français des Filicacées,
Étage des Calamodendrées,
Étage ambigu permo-carbonifère.

Ces importantes publications sont les plus complètes que l'on puisse trouver sur la bassin de Saint-Étienne. Elles ont été mises à jour un peu plus tard par COSTE (1900) : « Nouvelles contributions à la topographie souterraine du bassin de la Loire » (1900, avec Carte géologique et Atlas de coupes) qui prend en compte les données alors récemment acquises par l'extension et l'approfondissement des travaux souterrains.

Ainsi, à la fin du 19e siècle, la série stratigraphique du Houiller de Saint-Étienne établie par GRUNER (1882, 1 : 197-235), reprise par COSTE (1900 : 1-10), se divise en sept étages comprenant trois formations stériles et quatre autres avec couches de charbon.

Source : MNHN, Paris

Ce sont, de la base au sommet :

1 — brèche de base ;

2 — étage de Rive de Gier (120 à 130 m) avec 3 à 4 couches représentant 10 à 15 m de charbon s'amincissant vers l'ouest ;

3 — étage stérile de Saint-Chamond (500 à 800 m) présentant deux faciès distincts :

— faciès des poudingues de Rive de Gier avec l'horizon de gore vert (parfois blanc) de La Grand'Croix ;

— faciès des poudingues de Saint-Chamond avec abondance d'éléments micacés (« gratte quartzo-micacée ») ;

4 — étage houiller inférieur de Saint-Étienne (étage des Cordaïtes, 830 à 900 m), avec 10 à 12 couches totalisant une puissance de 20 à 25 m de charbon ;

5 — étage houiller moyen de Saint-Étienne (étages des Fougères ; 500 à 550 m) avec 7 à 9 couches dont la puissance cumulée varie entre 15 et 25 m ;

6 — étage houiller supérieur (200 à 250 m) avec 6 à 7 couches totalisant 5 à 15 m de charbon (étage des Calamodendrées) ;

7 — étage stérile servant de couronnement au terrain houiller (450 à 500 m) avec quelques passées charbonneuses non exploitables (veinettes du puits de la Vogue, de la Chapelle de Valbenoîte).

Sans compter la brèche de base, la puissance totale des sédiments déposés est comprise entre 2.600 et 3.100 m avec 27 à 32 couches totalisant entre 50 à 80 m de charbon.

Les étages 4, 5 et 6 ont été parfois réunis sous le seul et unique vocable d'assise des couches de Saint-Étienne.

Le Stéphanien

Définition

Munier-Chalmas et de Lapparent (1893 : 451) définissent l'étage Stéphanien qui « s'appliquera aux assises renfermant les flores houillères qui se succèdent depuis l'Assise de Rive de Gier jusqu'à celle du bois d'Avaize inclusivement, de manière à comprendre tous les bassins houillers de l'Est du Plateau Central ». Ces assises sont définies par les cinq groupes floristiques établis par Grand'Eury (1877 : 493-500). Ceux-ci serviront longtemps de référence dans tous les travaux de stratigraphie concernant le Carbonifère supérieur continental.

Le Stéphanien et ses subdivisions selon Paul Bertrand

Vingt cinq années plus tard, Paul Bertrand (1918a et b) reprend l'étude paléobotanique du bassin en précisant les caractères de la flore de chaque étage dans le cadre de la succession stratigraphique établie par Grand'Eury. Le Stéphanien est divisé en quatre termes, de la base au sommet :

— Stéphanien inférieur = faisceau de Rive de Gier ;

— étage intermédiaire = étage des Cévennes et étage des Cordaïtées (*pro parte*) ;

— Stéphanien moyen = étage des Cordaïtées (*pro parte*) et étage des Filicacées ; grande formation poissonneuse et bitumineuse de Montrambert

— Stéphanien supérieur = série d'Avaize, étage des Calamodendrées ;

en soulignant que « la flore de Saint-Étienne et celle de Rive de Gier offrent des caractères distinctifs très tranchés ».

Source : MNHN, Paris

Notons également que BERTRAND (1919) a suivi l'exécution de plusieurs forages implantés à l'Est du Rhône pour reconnaître le bassin houiller du Bas-Dauphiné. Entre 1918 et 1935, il a aussi dispensé un enseignement de Paléobotanique à l'École des Mines de Saint-Étienne.

Au 13e Congrès géologique international (Belgique, 1922), BERTRAND (1925 : 599, pl. 3) donne un « tableau de la succession régulière des zones végétales dans les bassins houillers français ». Il reviendra sur ce sujet au congrès de Heerlen (1935) en donnant les caractères floristiques de chaque sous-étage depuis le Westphalien C et D jusqu'au Stéphanien supérieur (BERTRAND, 1937, 1 : 67-69).

En 1925, trois Compagnies exploitantes font appel à BLONDEL (1925a et b) pour déchiffrer la complexité tectonique des gisements qu'elles exploitent. Des notions nouvelles apparaissent telles que : compression, décollement, déplacement à composante horizontale, faille inverse. En raison de leur nouveauté et de leur difficulté apparente, il est possible que ces notions n'aient pas été utilisées immédiatement. De plus, à l'instar des autres bassins du Massif Central, la tradition minière voulait que toutes les failles soient interprétées comme des failles directes d'effondrement.

LES ÉTUDES GÉOLOGIQUES DURANT LA PÉRIODE 1940-1980

LES OBJECTIFS ET LES RÉSULTATS

Depuis la remise à jour des connaissances effectuée par COSTE (1900) et à l'exception des travaux de BERTRAND et de BLONDEL, aucune étude d'ensemble n'avait été engagée depuis 40 ans. Le Comité des Houillères de la Loire décide d'entreprendre une nouvelle étude géologique du gisement et en confie l'exécution à PRUVOST, ARMANET et DE MAISTRE (1963).
Les principaux acquis de cette étude concernent les points suivants :

— exécution d'un Atlas de 32 planches comportant une carte géologique au 1/40.000 levée par BONTE et WATERLOT, les plans des travaux miniers et de nombreuses coupes ;

— une conception nouvelle de la tectonique du bassin avec la mise en évidence d'un gisement en place (Rive de Gier) et d'un gisement charrié (Saint-Étienne) (fig. 2) ;

— une échelle stratigraphique plus détaillée avec une nouvelle classification des couches exploitées et des corrélations entre les divers panneaux (tableau 1).

La plus grande partie des résultats obtenus, tant dans le domaine de la stratigraphie que dans celui de la tectonique est due à DE MAISTRE et les pages qui suivent sont, pour l'essentiel, inspirées de ses rapports et de ses publications.

Le renouveau d'intérêt porté à la géologie du bassin suscite des études plus spécialisées : pétrographie des charbons (DEFRETIN, 1944), tableau des divisions paléontologiques du bassin (CORSIN, 1949), révision des flores fossiles du Stéphanien supérieur et de la formation ambiguë permo-carbonifère attribuée à un Stéphanien D dans la thèse de DOUBINGER (1956) ; notes de VANDENBERGHE (1960a et b, 1961) sur deux espèces nouvelles d'invertébrés et sur la limite Stéphanien-Autunien. En outre, VANDENBERGHE a reclassé les collections paléobotaniques de l'École des Mines et assuré la réalisation de l'inventaire 1 et 2.

DE MAISTRE (1960) décrit un *Odontopteris* nouveau, *O. pseudoschlotheimii*. Des recherches en palynologie (LAMOTTE, 1963 ; LIABEUF & ALPERN, 1969) complètent les connaissances paléobotaniques. La découverte, dans les sondages, de plusieurs échantillons du genre « *Callipteris* », aujourd'hui obsolète (KERP, 1988), soulève à nouveau le problème de la limite Stéphanien-Autunien et celui de la valeur stratigraphique attachée à ce genre (DOUBINGER, JACOB & VETTER, 1976).

Plusieurs autres publications traitent des Sphénoptéridées et de leurs formes fertiles (ALVAREZ-RAMIS & DOUBINGER, 1976 ; GRAUVOGEL-STAMM & DOUBINGER, 1975), des corrélations entre bassins ibériques et celui de Saint-Étienne (DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIS, 1980, 1984).

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 1. — Échelle stratigraphique d'après J. DE MAISTRE.
TABLE 1. — Stratigraphical scale, after J. DE MAISTRE.

		Secteur Soleil - Villars	Secteur Roche-la-Molière	Secteur Montmartre - Béraudière	Secteur Isaac - Montrambert	Secteur Puits Charles
Assise des couches de St Étienne 1200 à 1600 m	Formation de Couronnement 1000 à 1500 m	Argiles, grès et poudingues versicolores Jardin des Plantes Puits de la Vogue Tunnel de la Rivière		Grès gris à pistes de vers (faciès „autunien")		Gidrol Terrains rouges Sondages S7, S9, S10
	Faisceau de Bellevue 300 à 400 m	ÉRODÉ		C. de Valbenoite Mont 1 et 2 Chauvetières 1 et 2 Mouillées 1 à 4	C. Pinatelle Italienne Manouse Combes 1 et 2	ÉRODÉ
	Faisceau des Littes 200 m			2e et 3e Cr. des Littes Grand horizon poissonneux et bitumineux de Montrambert Toit de la 1ière Crue des Littes C. des Littes Serrurière 3 Gores	C. des Littes Serrurière 3 Gores	C. de la Chana
	Faisceau de Beaubrun 400 à 500 m	1ière d'Avaize = Mourinée = 2e Beaubrun = 2e Loire = 2e Montmartre = Gde C. Béraudière = Gde C. Devillaine Horizon poissonneux du toit de la 3e Beaubrun 2e à 12e d'Avaize	3e Beaubrun 4e à 12e Beaubrun	3e Montmartre 4e à 10e Montmartre = Brûlante	Gde C. Marseille 3e C. Platière 4e à 7e Champonnières	C. des Granges C. de la Varenne
	Faisceau de Gruner 800 à 1000 m	C. des Rochettes = 13e Beaubrun = 8e Couriot = Siméon = 8e Béraudière = C. du Ban Niveau à Anthracomya au mur 2e Gruner = Petit Moulin 3e Gruner = Sagnat 4e Gruner = Peyron 5e et 6e Gruner = Grille 1 et Petite Grille 7e Gruner = Grille 2 8e Gruner = Poule noire sup. et inf. 9e à 12e Gruner = 11e et 12e Gr. 13e Gruner = 13e Nord 14e à 16e Gruner		Schistifié Schistifié et laminé Lacune tectonique	Séries houillères écrasées et rabotées par les failles de charriage	

Source : MNHN, Paris

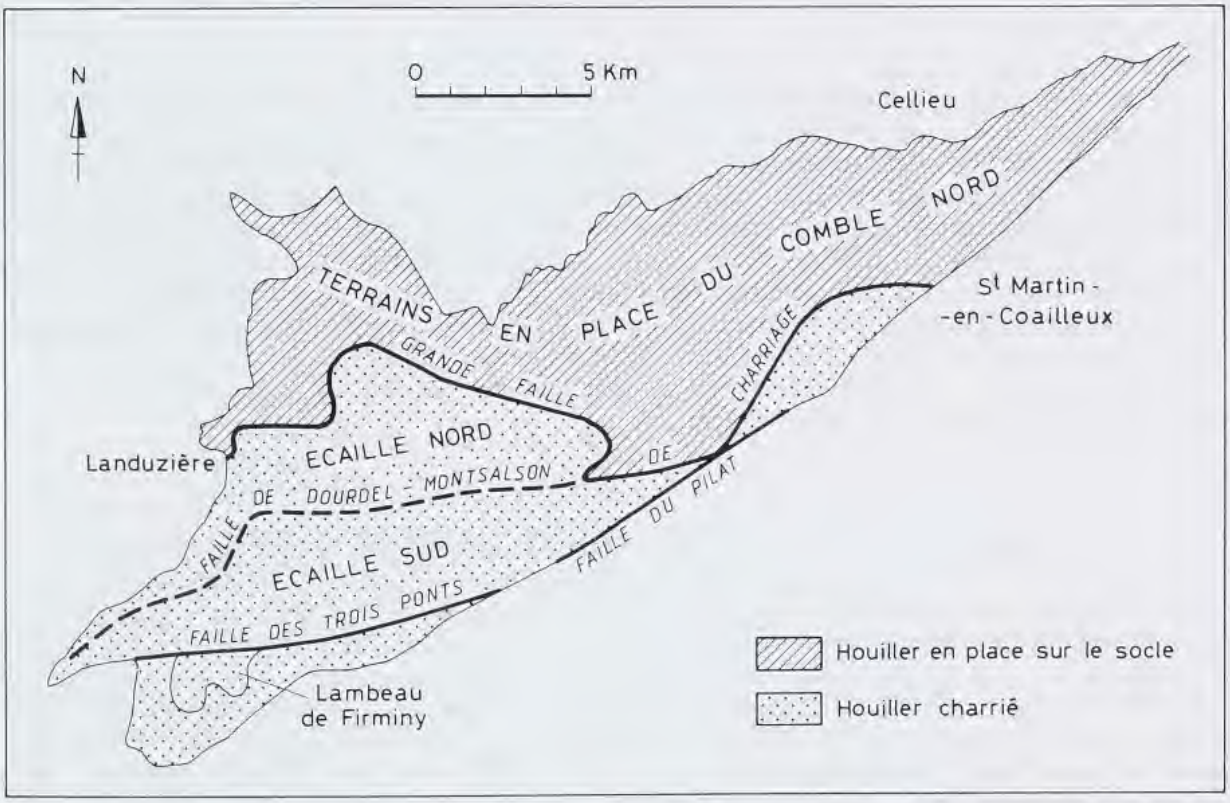


FIG. 2. — Interprétation tectonique du bassin de Saint-Étienne d'après J. DE MAISTRE, 1963.
FIG. 2. — Saint-Étienne basin tectonical interpretation, after J. DE MAISTRE, 1963.

Les végétaux silicifiés à structure conservée ont fait l'objet de travaux de BRONGNIART, RENAULT, LOUBIÈRE, CORSIN et plus récemment de GALTIER avec le concours de GRAMBAST, HOLMES, PHILLIPS, SCOTT, COMBOURIEU, MILLAY et LESNIKOWSKA.

Signalons deux études en sédimentologie : l'une sur les feldspaths alcalins dans les détritiques du faisceau de Gruner (GAVOILLE & SOPENA, 1970), l'autre sur une sédimentation en talus au toit de la couche 1 des Combes (DOLLÉ & VETTER, 1971).

Le bassin de Saint-Étienne est sommairement décrit dans le cadre d'un travail exhaustif concernant le Carbonifère supérieur et le Permien du Massif Central (VETTER, 1971).

BOUROZ (1978) propose une nouvelle interprétation de la tectonique d'ensemble du bassin qui est brièvement résumée plus loin ; il rapporte la 14^{e} couche de la Chazotte (faisceau de la Talaudière) à l'horizon de la 1ère crue des Littes (BOUROZ & DOUBINGER, 1978).

Une première révision de la flore de l'assise de Rive de Gier est présentée en 1983 au 10^{e} Congrès du Carbonifère à Madrid (DOUBINGER & VETTER, 1985a).

Le Centre Départemental de la Documentation Pédagogique (C.D.D.P.) de la Loire a fait paraître deux études (BELLON, 1973 ; BELLON & CHAMPIER, 1979) concernant le bassin ; la seconde donne un bon résumé de l'hypothèse tectonique de BOUROZ.

Des affleurements et des stots de puits ont fait l'objet de quelques petites exploitations à ciel ouvert, ce qui a permis des récoltes intéressantes de fossiles (CHAMPIER, SIMAND & DELORME, 1981).

Source : MNHN, Paris

Les sondages

Une importante campagne de sondages a été engagée entre 1955 et 1961 pour reconnaître le prolongement des panneaux exploités et définir de nouvelles réserves. Tous ces sondages ont été carottés. On compte 36 grands sondages dont 14 ont dépassé 1.000 m de profondeur et 5 ont touché le socle cristallin mylonitique. La carte hors-texte indique la position de la plupart de ces grands sondages. De plus, 110 sondages, en général groupés sur des sites délimités, ont été implantés dans divers secteurs de la région de Saint-Étienne (Couriot, Pangaud, Villebœuf, etc.) et n'ont pas dépassé 300 m de profondeur. Au total, 53.100 m ont été forés. Le débitage des carottes a livré une flore fossile souvent abondante que nous avons naturellement prise en compte dans notre travail général de révision et qui est conservée à l'École des Mines de Saint-Étienne.

Par la suite et jusqu'à la fermeture des travaux souterrains (1980), d'autres petits sondages ont été forés pour les besoins de l'exploitation.

Stratigraphie du bassin houiller de Saint-Étienne

Dénomination et corrélation des couches

Au 19^{e} siècle, chaque Compagnie exploitante a établi sur ses concessions une échelle stratigraphique partielle et attribué un nom ou un numéro d'ordre à chacune des couches de charbon exploitée ou seulement reconnue. Lorsque toutes les exploitations furent réunies sous une même direction par la loi de nationalisation de 1946, il devint indispensable d'établir des corrélations précises entre les différentes couches de chaque concession. Il fallait pour cela examiner tous les critères classiques de reconnaissance : nature des toits et des murs, fossiles, niveaux repères (gores, voir ci-après). Cette tâche est d'autant plus délicate que les couches varient rapidement dans le plan de leur sédimentation ; elles peuvent se diviser, admettre des bancs stériles intercalaires, etc. Grand'Eury (1880) donne d'excellents exemples de tous ces phénomènes sédimentaires.

Il revient à P. Pruvost (1947a et b) et à de Maistre (1944, 1951, 1963) d'avoir réalisé ces correspondances entre couches. La planche 2 de l'Atlas rééditée en 1957 présente les corrélations obtenues par secteur géographique sur un grand nombre de couches du bassin (tableau 1).

Retenons aussi que la 8^{e} couche, souvent citée dans les travaux de Grand'Eury (1877) et de Gruner (1882), correspond, dans la nomenclature actuelle, à la 13^{e} Beaubrun (couche puissante de 3 à 8 m d'ouverture). Les autres couches mises en synonymie avec la 13^{e} Beaubrun : Rochette, 8^{e} Couriot, Siméon, 8^{e} Béraudière, couche du Ban appartiennent donc à la même formation sédimentaire à charbon.

La 13^{e} couche des auteurs précités correspond à la 8^{e} Gruner (Poule Noire, 13^{e} Couriot).

Les faciès et les gores

Les roches du terrain houiller de Saint-Étienne sont analogues à toutes celles connues dans les autres bassins du même âge et du même environnement.

On estime que les dépôts grossiers : brèches, conglomérats (= gratte des mineurs), grès grossiers, représentent entre 70 et 90 % de la totalité du matériel sédimentaire contenu dans le bassin. Les roches à granulométrie plus fine : grès fins, grès schisteux, pélites psammitiques (= schistes houillers), niveaux argileux et couches de charbon totalisant 10 à 30 % du volume global. On signale aussi des niveaux à rognons de carbonate de fer.

De Maistre (1963) donne une carte schématique indiquant la répartition des faciès sur

Source : MNHN, Paris

l'ensemble du bassin. Dans l'assise de Rive de Gier, le faciès granitique puis les faciès micaschisteux et gneissiques occupent toute la bordure nord du bassin.

Les conglomérats à éléments dinantiens (talourine, silex noir) recouvrent le faisceau de la Péronnière et se poursuivent jusqu'à Landuzière à l'Ouest du bassin.

Le faciès feldspathique domine dans la zone centrale alors que le faciès quartzo-micacé (= roches sauvages de Gruner) et le faciès mixte s'étendent vers le Sud-Ouest et le Nord-Est.

GRUNER (1882) et DE MAISTRE (1963) ont observé que la sédimentation à charbon se développe beaucoup mieux dans les zones à faciès feldspathique où les couches sont plus épaisses et plus constantes, contrairement aux zones à faciès quartzo-micacé où les couches sont moins étendues, admettent davantage d'intercalaires stériles et diminuent rapidement de puissance.

A titre d'exemple, on citera les variations de puissance relevées dans quelques couches :

Mourinées (1ère d'Avaize)	4 à 20 m
3e Beaubrun	7 à 14 m
13e Beaubrun	3 à 8 m
8e Gruner	3 à 4 m
Grande Masse	8 à 10 m

Les gores sont des niveaux argileux, réguliers, généralement de faible épaisseur et de couleur claire, que l'on observe au toit de nombreuses couches de houille et parfois dans les stampes stériles. Pour la plupart, il s'agit de dépôts de cendres volcaniques ou cinérites fossilisées dans le terrain houiller. Leur régularité en fait de bons repères stratigraphiques dans un même bassin. Une trentaine de niveaux de gores ont été répertoriés dans le bassin de Saint-Étienne. BOUROZ (1966, 1970, 1972, 1978) a précisé leur nature et proposé des corrélations de bassin à bassin.

DEUX INTERPRÉTATIONS TECTONIQUES POSSIBLES

L'étude stratigraphique du bassin houiller de Saint-Étienne a été naturellement tributaire du développement de l'exploitation, notamment de l'approfondissement des travaux souterrains, du fonçage des puits, du creusement des travers-bancs. Il aura fallu plus d'un siècle pour établir, d'étape en étape, la position et l'âge relatif des différents faisceaux de couches et présenter une échelle stratigraphique cohérente qui complète celle de GRUNER. La tectonique, difficile à déchiffrer et à interpréter, laisse encore la possibilité de préciser les rapports entre certains panneaux.

C'est pourquoi nous présentons deux coupes du Houiller de Saint-Étienne qui, toutes les deux, donnent la même succession stratigraphique mais diffèrent par certaines interprétations tectoniques. La première, élaborée par PRUVOST (1947a et b, 1949) et par DE MAISTRE (1949a et b, 1963), restera notre référence dans tout ce qui suit. La seconde, due à BOUROZ (1978), apporte des hypothèses nouvelles sur la position de certaines formations.

La série stratigraphique d'après les travaux de J. DE MAISTRE.

DE MAISTRE a montré qu'il existait deux unités stratigraphiques principales (fig. 2, 3) :

— l'une, en place, qui occupe le comble nord situé au Nord d'une ligne Landuzière — Saint-Martin-en-Coailleux,

— l'autre, charriée, qui occupe le comble sud (région de Saint-Étienne-Firminy).

La puissance totale de ces deux unités est de l'ordre de 5.000 m.

A — Gisement en place

L'ensemble du gisement en place atteint 2.400 m de puissance et comprend deux formations : l'assise de Rive de Gier à la base, surmontée de l'assise de Sorbiers.

Source : MNHN, Paris

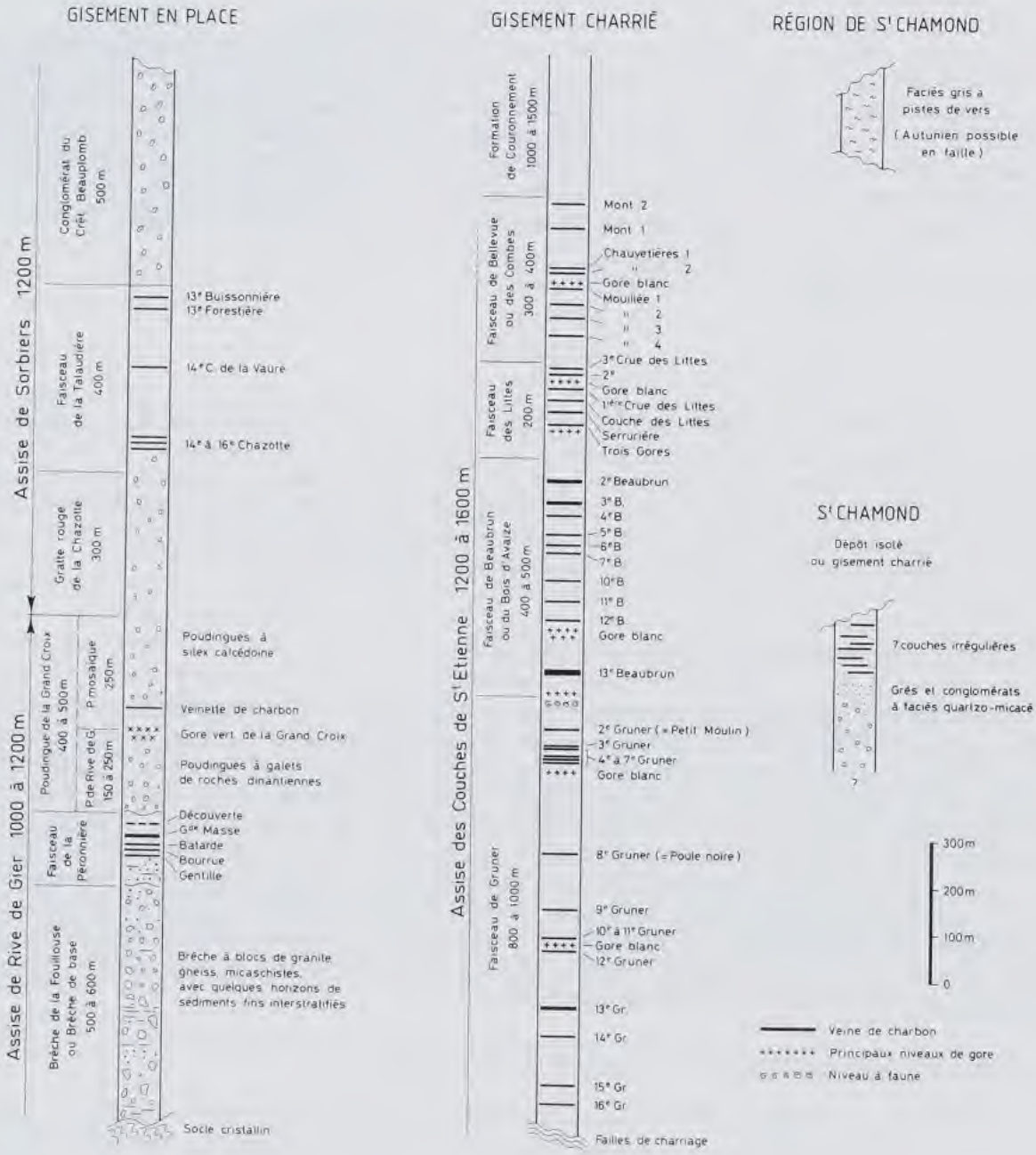


FIG. 3. — Échelle stratigraphique du bassin houiller de Saint-Étienne (Hypothèse de J. DE MAISTRE, 1963, légèrement modifié).
FIG. 3. — Stratigraphical log of the Saint-Étienne coal basin (adapted and slightly modified, from J. DE MAISTRE, 1963).

Source : MNHN, Paris

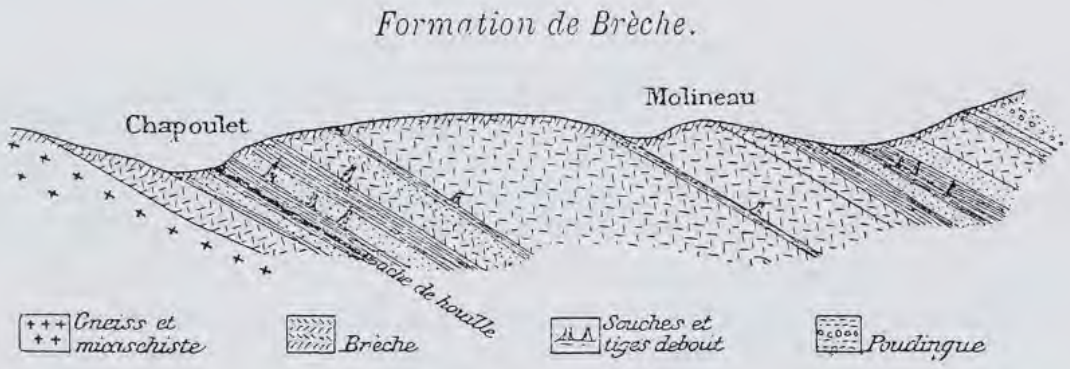


FIG. 4. — Coupe de « Chapoulet », d'après GRAND'EURY, 1877 : fig. 35.
FIG. 4. — "Chapoulet" section, after GRAND'EURY, 1877 : fig. 35.

1. Assise de Rive de Gier (1.000 à 1.200 m)

Cette formation affleure dans la partie orientale du bassin et sur son pourtour nord. Elle comprend trois termes : à la base, brèche de la Fouillouse ou brèche de base, puis le faisceau de la Péronnière, enfin au sommet, les poudingues de Grand'Croix.

a) — Brèche de la Fouillouse ou brèche de base (500 à 600 m)

Cette brèche repose sur les schistes cristallins du Massif de Riverie ; elle affleure en une large bande au Nord et à l'Ouest du bassin jusqu'aux environs de Landuzière. On la retrouve au Nord-Est près de Saint-Martin-en-Coailleux, prise en écharpe par la grande faille du Pilat (PRUVOST, BONTE & WATERLOT, 1950).

Elle apparaît comme un amas chaotique essentiellement composé de blocs émoussés de granite, de gneiss et de micaschistes. On observe deux faciès, l'un à galets de granite dominant dans la région de Rive de Gier auquel fait suite, près de Cellieu, un faciès à galets de micaschistes et de gneiss.

Horizons de dépôts fins, antérieurs et contemporains de la brèche

Sur sa carte géologique, GRAND'EURY (1877) a figuré avec une coloration particulière les zones à dépôts fins qui affleurent soit en bordure, soit à l'intérieur de la brèche. Certaines de ces formations sont donc antérieures à la brèche et représenteraient les dépôts les plus anciens du bassin. Les autres seraient contemporains de la brèche. Ce sont d'Est en Ouest, en suivant la bordure Nord du bassin (voir carte h.-t.) :

— en bordure : Valfleury, Grand-Recou, Choletière, Monteux, Chapoulet (fig. 4), Maison-Blanche ;

— à l'intérieur : Poizatière, les Perrotins au Nord de la Fouillouse, la Niarais, Robertane.

GRUNER (1882, 1 : 206 ; 2 : 121, 187) cite certains des lieux-dits énumérés ci-dessus et donne des indications sommaires sur les quelques travaux de reconnaissance opérés sur des affleurements charbonneux, mais ne les signale pas sur sa carte au 1/40.000.

Il est regrettable que l'étude de ces petits affleurements n'ait pas été systématiquement reprise. Elle aurait peut-être permis de préciser l'âge relatif de la brèche de base dans l'échelle stratigraphique du bassin.

À Rive de Gier, une galerie de recherche, creusée au niveau − 525 à partir du puits Gillier, a recoupé une petite couche de charbon (0,70 m) située sous la brèche granitique. Cette couche est donc

Source : MNHN, Paris

nettement plus ancienne que le faisceau de la Péronnière, mais on ne sait rien de son développement (DE MAISTRE, 1963).

b) — Faisceau de la Péronnière (100 à 130 m)

Ensemble de grès et de psammites avec 4 à 5 couches de charbon anthraciteux qui parfois se divisent ; ce sont de la base au sommet : Gentille, Bourrue, Bâtarde, Grande-Masse qui peut atteindre 10 à 15 m de puissance, et la petite mine de la Découverte. Toutes ces couches varient assez rapidement en puissance et en qualité et disparaissent progressivement vers l'Ouest. À noter la présence d'écailles de poissons au toit de la Bâtarde (VANDENBERGHE 1, coll. P. BERTRAND).

c) — Poudingues de La Grand'Croix (400 à 500 m)

Ils sont divisés en deux zones par une coulée ryolithique, appelée gore vert de La Grand'Croix, située à 150-190 m au-dessus de la Grande Masse :

— à la base, les poudingues de Rive de Gier recouvrent le faisceau de la Péronnière et sont exclusivement composés de galets de roches dinantiennes (DE MAISTRE, 1963).

— le Gore vert de La Grand'Croix, puissant de 2 à 25 m, souvent altéré et alors de couleur blanche (Gore blanc). Il se subdivise en deux horizons : dépôts tuffacés à la base, coulée ryolithique au-dessus (LESEURE & MALLARD, 1872 ; GRUNER, 1882 ; OUAZZANI, 1989).

Ce niveau de gore est connu à l'affleurement sur la rive gauche du Gier, près du puits Piney (La Grand'Croix) et il a été recoupé par la plupart des nombreux puits foncés dans la région de Rive de Gier.

— Au sommet, les poudingues mosaïques qui couronnent l'assise de Rive de Gier. Ce sont des conglomérats à silex calcédoine présentant un faciès très caractéristique avec gros éléments polygéniques et galets de gore vert.

Horizons silicifiés à végétaux perminéralisés

C'est probablement à l'épanchement de la coulée ryolithique qu'il faudrait rapporter les phénomènes de silicification connus à Saint-Priest, au Petit Montreynaud et vers l'Ouest jusqu'aux environs de Landuzière. Des végétaux ont été trouvés surtout dans les silex des poudingues mosaïques à Comberigole, la Faverge près de Grand'Croix. Toutefois, cet horizon silicifié pourrait être un peu plus récent que le gore vert et se rangerait alors dans la partie inférieure des poudingues mosaïques (DE MAISTRE, 1963).

2. Assise de Sorbiers (1.200 m environ)

Cette assise surmonte le poudingue mosaïque et s'étend au Nord et à l'Est de Saint-Étienne ; elle comprend trois termes principaux, habituellement attribués au Stéphanien B :

— à la base, la gratte rouge de la Chazotte (400 m) ;

— le faisceau de la Talaudière (420 m) avec cinq à sept couches de charbon dont l'extension est relativement limitée : Beuclas, Vaure, 14e Chazotte, Forestière et Buissonnière ;

— au sommet, les conglomérats du Crêt-Beauplomb (400 m).

B — Gisement charrié

Ce grand ensemble atteint 3.000 m de puissance. Il se compose de panneaux ou gradins successivement déplacés et décalés par des failles de charriage et ne peut donc être traversé en entier par une seule et même verticale. Il comprend trois formations :

— à la base, l'Assise des couches de Saint-Étienne,
— le faisceau de Bellevue ou des Combes,
— au-dessus, la Formation de Couronnement.

Source : MNHN, Paris

1. — L'Assise des couches de Saint-Étienne est composée de trois faisceaux avec de nombreuses couches de charbon (puissance de l'ordre de 1200 à 1600 m) :

— à la base, la totalité du faisceau de Gruner (1ère à 16e Gruner), soit 800 à 1000 m ;

— au-dessus, le faisceau de Beaubrun ou série du Bois d'Avaize (2e à 13e Beaubrun), 400 à 500 m ; avec un niveau à faune situé à une soixantaine de mètres au mur de la 13e Beaubrun. Un autre horizon à faune est connu au toit de la 3e Beaubrun avec ostracodes et esthéries souvent déformées (DE MAISTRE, 1963) ;

— au sommet, le faisceau des Littes (200 m) avec 6 couches de charbon : Trois gores, Serrurière, Littes, Crues des Littes (1e, 2e, 3e) ; au toit de la 1e Crue des Littes, un horizon riche en débris de faune : le Grand Horizon bitumineux et poissonneux de Montrambert (BERTRAND, 1918a).

2. — Le faisceau de Bellevue ou des Combes (300 à 400 m) avec huit couches qui sont les plus élevées du bassin (Mouillées 1 à 4, Chauvetières 1 et 2, Mont 1 et 2).

3. — La Formation de Couronnement (1.000 à 1.500 m environ) qui débute par une formation détritique bariolée surmontée par les couches rouges du Jardin des Plantes. La coupe du puits de la Vogue montre le passage d'un faciès à l'autre avec des récurrences (GRUNER, 1882, 2 : 277, fig. 6), c'est-à-dire, de la base au sommet :

100 m — grès schisteux micacés gris ou verdâtres avec petites veines de charbon représentant sans doute le sommet du faisceau de Bellevue ;

60 m — grès rouges et verts ;

50 m — grès et schistes blancs ;

400 m (et plus) — terrains rouges avec quelques filets de houille et passages de grès colorés verts, gris ;

en surface — terrains rouges du Jardin des Plantes.

Lors de son creusement, le tunnel autoroutier de Rivière a permis d'observer des faciès gris à pistes de vers considérés comme habituels dans les formations rapportées à l'Autunien.

Cet ensemble à faciès colorés a été — et surtout à cause de sa couleur — rapporté généralement à l'Autunien, ou à l'Autuno-Stéphanien.

Plusieurs sondages de la campagne de recherches 1955-1961 ont débuté dans la Formation de couronnement et l'ont recoupée sur des hauteurs variables. Le sondage S.7 qui l'a traversée sur 965 m a reconnu la présence de plusieurs bancs de gores colorés et de petits bancs de charbon, notamment entre 630 et 730 m de profondeur.

C — Gisement de Saint-Chamond (500 m)

Gros bancs de poudingues quartzo-micacés alternant avec de minces lits de grès et de psammites ; on y a reconnu sept couches de qualité médiocre et irrégulières (COSTE, 1900, fig. 4).

La position stratigraphique de ce gisement reste mal définie ; peut-être s'agit-il d'une aire de subsidence isolée et de surface restreinte qui a fonctionné indépendamment des autres systèmes sédimentaires. Son âge resterait à préciser.

DE MAISTRE (1963 : 55) pense que la série de Saint-Chamond, limitée au SE par la faille du Pilat, serait charriée sur le Stéphanien du comble nord et appartiendrait à la Formation de couronnement. Les grattes rouges et les grès à pistes de vers connus au sommet du gisement de Saint-Chamond paraissent identiques aux faciès de ce type relevés au Jardin des Plantes et lors du creusement du tunnel autoroutier de Rivière.

Hypothèse tectonique de BOUROZ (fig. 5)

BOUROZ (1978) présente une nouvelle version de l'histoire tectonique du bassin. Son argumentation se développe à partir des interprétations suivantes.

Source : MNHN, Paris

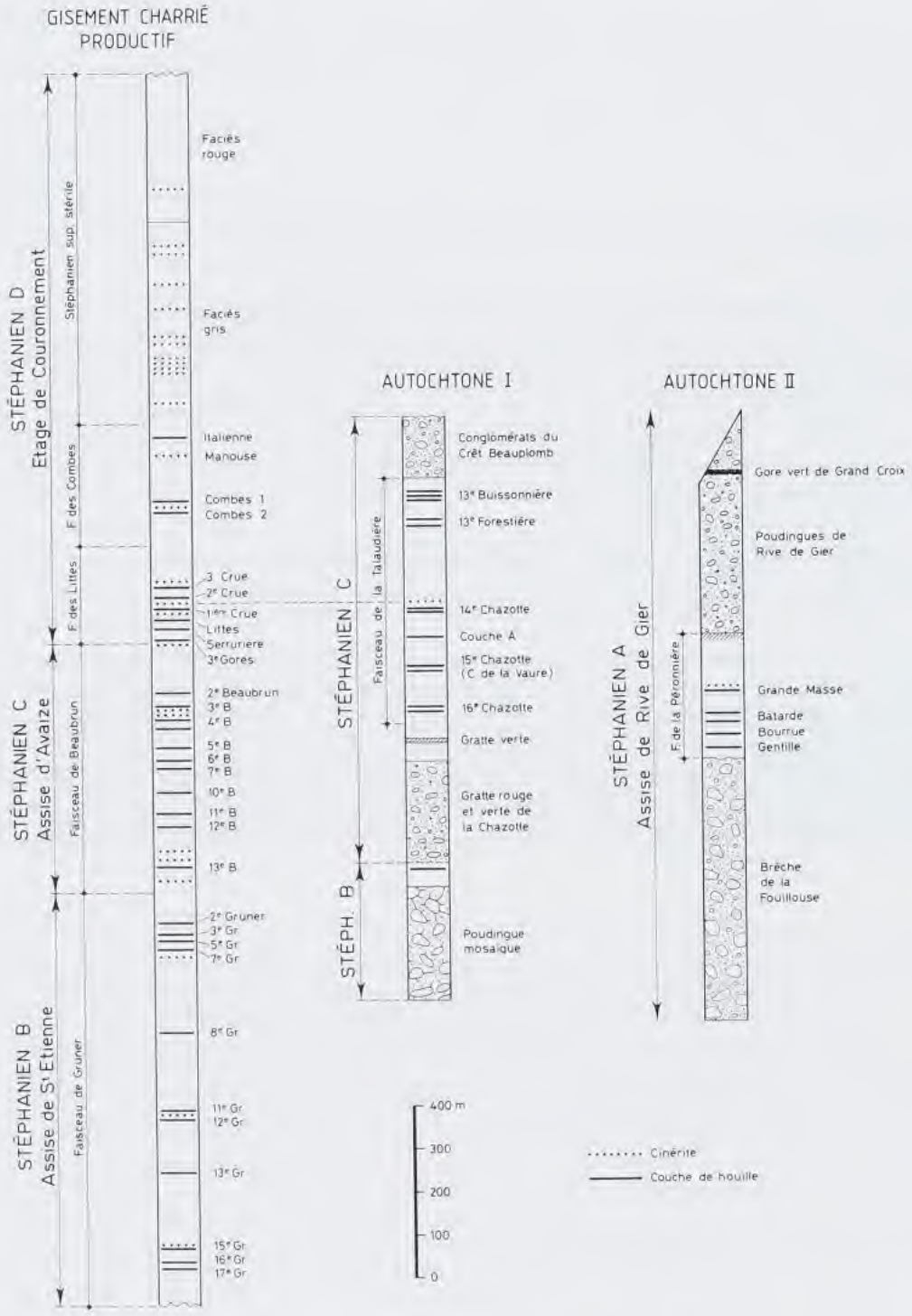


FIG. 5. — Interprétation tectonique de BOUROZ (1978).
FIG. 5. — Tectonic interpretation after BOUROZ (1978).

Source : MNHN, Paris

1. — Existence de deux séries autochtones reposant normalement sur le socle cristallin :

l'autochtone I, limité à l'assise de Rive de Gier. Il comprend donc la brèche de base, le faisceau de la Péronnière et les poudingues de Rive de Gier tronqués au-dessus du Gore vert par le poudingue mosaïque discordant. Cet ensemble, en place, reste classé Stéphanien A (puissance 1.300 m environ).

l'autochtone II, limité à la région de la Talaudière, débute avec le poudingue mosaïque rapporté au Stéphanien B ; au-dessus, l'assise de Sorbiers attribuée au Stéphanien C avec la gratte rouge et verte de la Chazotte, le faisceau de la Talaudière coiffé par les conglomérats du Crêt Beauplomb.

2. — Existence dans le gisement charrié, de trois unités tectoniques superposées occupant la région Sud-Ouest du bassin et séparées par des contacts anormaux. La composition de cet ensemble charrié correspond exactement à celle du gisement charrié étudié par DE MAISTRE (1963) : faisceau de Gruner (Stéphanien B), faisceau de Beaubrun et faisceau des Littes (Stéphanien C), faisceau des Combes ou de Bellevue et étage de Couronnement (Stéphanien D). Ces quatre formations totalisent une puissance d'environ 2.800 m.

L'unité tectonique 1, stérile, composée d'éléments détritiques de l'assise de Sorbiers, repose sur le socle par l'intermédiaire d'une faille de charriage basal rabotant l'autochtone I.

L'unité tectonique 2 couvre l'unité 1 qu'elle lamine par endroits et repose alors sur le socle cristallin. Elle comprend la presque totalité du faisceau de Gruner et les faisceaux de Beaubrun et des Littes.

L'unité tectonique 3 est composée des mêmes faisceaux auxquels s'ajoute la Formation de couronnement.

Par la suite, de grandes failles subverticales ont joué affectant les unités charriées, les autochtones et, dans un certain nombre de cas, le socle cristallin.

OBSERVATIONS

Dans l'échelle stratigraphique présentée par DE MAISTRE (1963, fig. 13), le faisceau de la Talaudière est en apparente continuité — d'ailleurs discutable — avec l'assise de Rive de Gier, mais sans correspondance avec l'un des faisceaux du gisement charrié. La corrélation proposée par BOUROZ (1978) à partir des cinérites lui permet d'identifier la 14^{e} Chazotte à la 1ère Crue des Littes. On sait que cette dernière veine est, en outre, caractérisée par son toit « la grande formation poissonneuse de Montrambert » et on peut s'étonner qu'un horizon aussi important n'ait pas laissé de témoin au toit de la 14^{e} Chazotte supposée correspondre à la 1ère Crue des Littes.

COMMENTAIRES

Concernant la stratigraphie et la sédimentologie

Grâce aux nombreux travaux d'exploitation, la stratigraphie des séries à charbon est bien établie (tableau 2).

Par contre, certains secteurs qui ont été délaissés, parce que stériles ou trop faiblement productifs, mériteraient d'être réétudiés, notamment au point de vue sédimentologique. Il serait intéressant de mieux définir les différents massifs conglomératiques de la moitié orientale du bassin et dégager ainsi une meilleure compréhension de leur mise en place, de leurs rapports entre eux et avec la brèche de base.

Les dépôts fins qui accompagnent la brèche de base : dépôts sous brèche et dépôts intrabrèche, mériteraient aussi d'être étudiés.

Source : MNHN, Paris

FAISCEAU	PUISSANCE TOTALE	NOMBRE DE COUCHES	PUISSANCE TOTALE
Bellevue ou des Combes	300 à 400 m	8	10 à 12 m
Littes	200 m	6	10 à 12 m
Beaubrun ou d'Avaize	400 à 500 m	13	35 à 50 m
Gruner	800 à 1000 m	15	30 à 35 m
Péronnière (Rive de Gier)	100 à 150 m	5	12 à 15 m

TABLEAU 2. — Nombre de couches et épaisseur totale de charbon par faisceau.
TABLE 2. — Coal seams number and total coal thickness for each coal seams group.

Concernant la faune fossile

Quatre horizons à faune ont été repérés sur toute la hauteur de la série stratigraphique. De la base au sommet (DE MAISTRE, 1963) :

— toit de la couche Bâtarde à Rive de Gier : schistes bitumineux à écailles de poissons ;
— 60 à 70 m au mur de la 13e Beaubrun : niveau à faune (*Anthracomya*) ;
— un horizon poissonneux au toit de la 3e Beaubrun avec lits à Arthropodes : *Eiliticus pruvostii* Vandenberghe, 1960b et plus rarement *Pringlia demaistrei* Vandenberghe, 1960a ;
— Grand Horizon bitumineux et poissonneux de Montrambert (toit de la 1ère crue des Littes) avec de nombreuses écailles, dents et épines de poissons. Nombreuses *Estheria* de petite taille.

Il faut bien reconnaître que, pour la faune, les recherches n'ont pas été poussées très avant. À Montceau-les-Mines, la richesse et la variété de la faune découverte au toit de la 1ère couche de l'assise de Montceau est le résultat d'une longue patience.

La palynoflore découverte dans les schistes bitumineux de l'horizon de Montrambert et du toit de la 3e Beaubrun est très proche de celle donnée par les schistes bitumineux des formation attribuées à l'Autunien *s. str.* (BROUTIN *et al.*, 1990).

Source : MNHN, Paris

LES OBSERVATIONS PALEOBOTANIQUES

Les précurseurs

Antoine de Jussieu (1686-1758)

Au printemps de 1715, Antoine de Jussieu, l'aîné de la célèbre famille de botanistes, chargé d'une mission auprès de la Cour d'Espagne, s'arrête quelque temps à Saint-Chaumont (Saint-Chamond). Avec un ami, il récolte « les impressions d'une infinité de fragments de plantes si différentes de celles qui naissent dans le Lyonnais... qu'il [lui] semblait herboriser dans un nouveau monde ». De Jussieu ne cherche pas à déterminer ses récoltes mais s'interroge sur leur provenance et sur les conditions de dépôt (A. de Jussieu, 1717 : 287-298).

Cette étude est illustrée par deux planches de très bons dessins. On reconnaît sans peine : *Pecopteris polymorpha*, *Odontopteris minor*, *Alethopteris*, *Dicksonites*, des pinnules isolées de *Neuropteris*, une fructification de la forme *Cardiocarpus*. Il s'agit très certainement de la première iconographie correcte qui ait été publiée sur la flore fossile du bassin de Saint-Étienne (fig. 6, 7).

Georges-Louis Le Clerc de Buffon (1707-1788)

Buffon (1730) cite également la présence d'empreintes végétales à Rive de Gier et à Saint-Chamond : « Plus on multipliera les observations sur les charbons de terre, et plus on reconnaîtra entre leurs couches, et surtout dans les lits supérieurs, des empreintes de diverses sortes de plantes ».

Alexandre Brongniart (1770-1847) et la carrière du Treuil

Alexandre Brongniart (1821) publie dans les Annales des Mines une « Notice sur des végétaux fossiles traversant les couches du terrain houiller » accompagnée d'une coupe de la carrière du Treuil (fig. 8). La coupe a été dessinée d'après une esquisse levée par Adolphe Brongniart, alors âgé de 20 ans et qui accompagnait son père à Saint-Étienne. L'ensemble, formé de « phyllades charbonneuses » notées S, de lits de minerai de fer carbonaté lithoïdes (F) et de couches de houille (H), est surmonté par un banc de 3 à 4 m de psammite micacé (P) avec de nombreuses tiges verticales, parfois rompues.

Treize ans après, Walferdin (1834 : 436) visite à son tour cette même carrière où les fronts de taille se sont évidemment déplacés. Il observe que les tiges fossiles sont le plus souvent inclinées ou horizontales et conclut que la position verticale doit être considérée comme accidentelle.

Ces deux témoignages sont à verser au débat qui, durant tout le 19^{e} siècle, va opposer les partisans du transport par alluvionnement (Fayol, 1887, 1888) aux tenants de la croissance sur place des arbres trouvés debout. Grand'Eury apportera beaucoup d'observations très précises à l'appui de cette dernière interprétation.

Source : MNHN, Paris

FIG. 6. — Première iconographie sur la flore fossile de Saint-Étienne (A. DE JUSSIEU, 1717). 1 : *Pecopteris polymorpha* ; 2 : fragment de feuille de *Cordaites* ?

FIG. 6. — First iconography on the Saint-Étienne fossil flora (A. DE JUSSIEU, 1717). 1: Pecopteris polymorpha ; *2:* Cordaites *leaf fragment?*

Source : MNHN, Paris

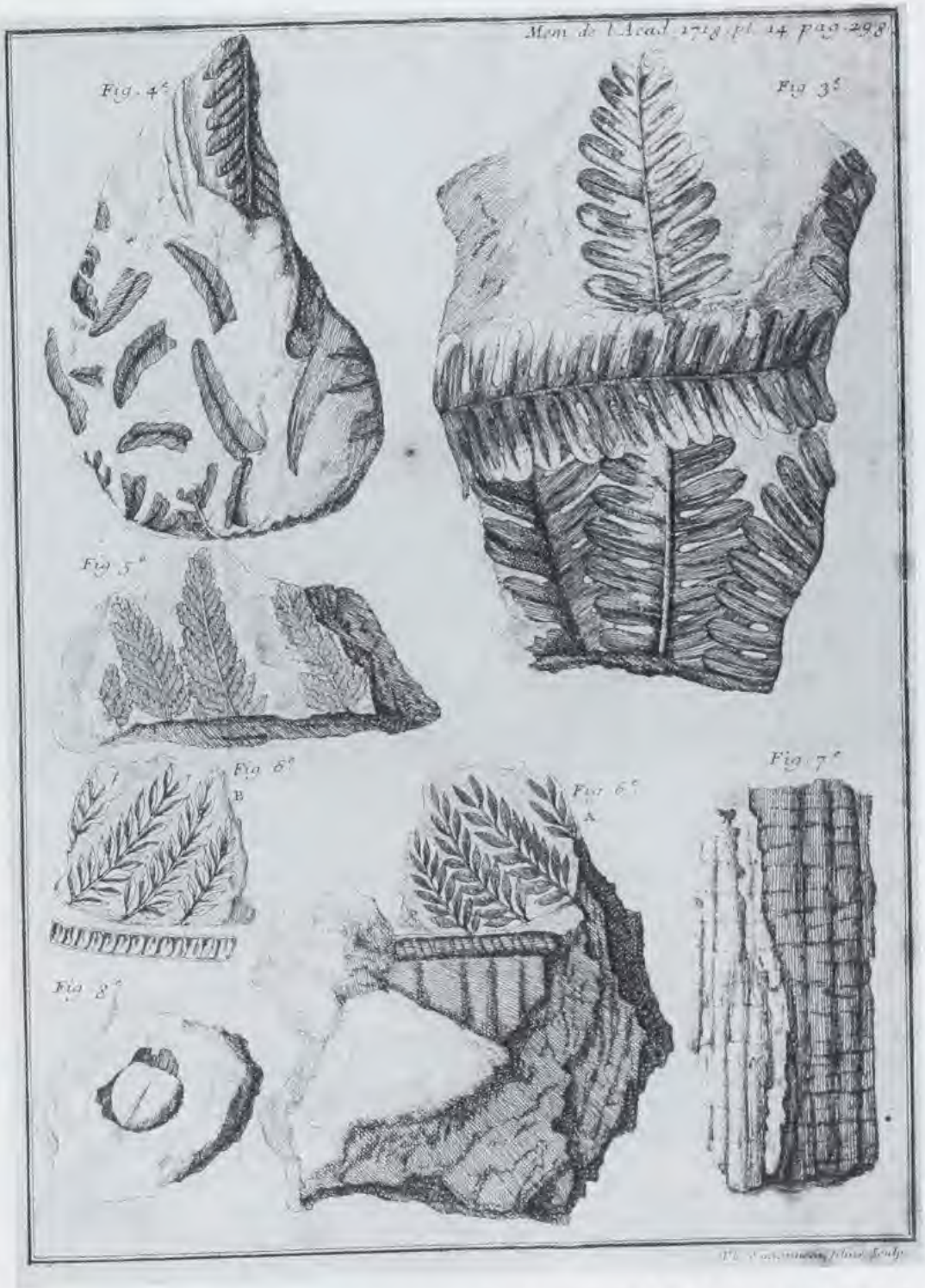


FIG. 7. — 3 : ? *Alethopteris* ; 4 : pinnules isolées de *Neuropteris* ; 5 : ? *Dicksonites* ; 6 A,B : cf. *Odontopteris minor* ; 7 : ? *Artisia* ; 8 : cf. *Cardiocarpus* (d'après A. DE JUSSIEU, 1717, fig. 6).

FIG. 7. — 3: ? Alethopteris; *4:* Neuropteris *isolated pinnules; 5:* ? Dicksonites; *6 A,B: cf.* Odontopteris minor; *7:* ? Artisia; *8: cf.* Cardiocarpus *(after A. DE JUSSIEU, 1717, fig. 6).*

Source : MNHN, Paris

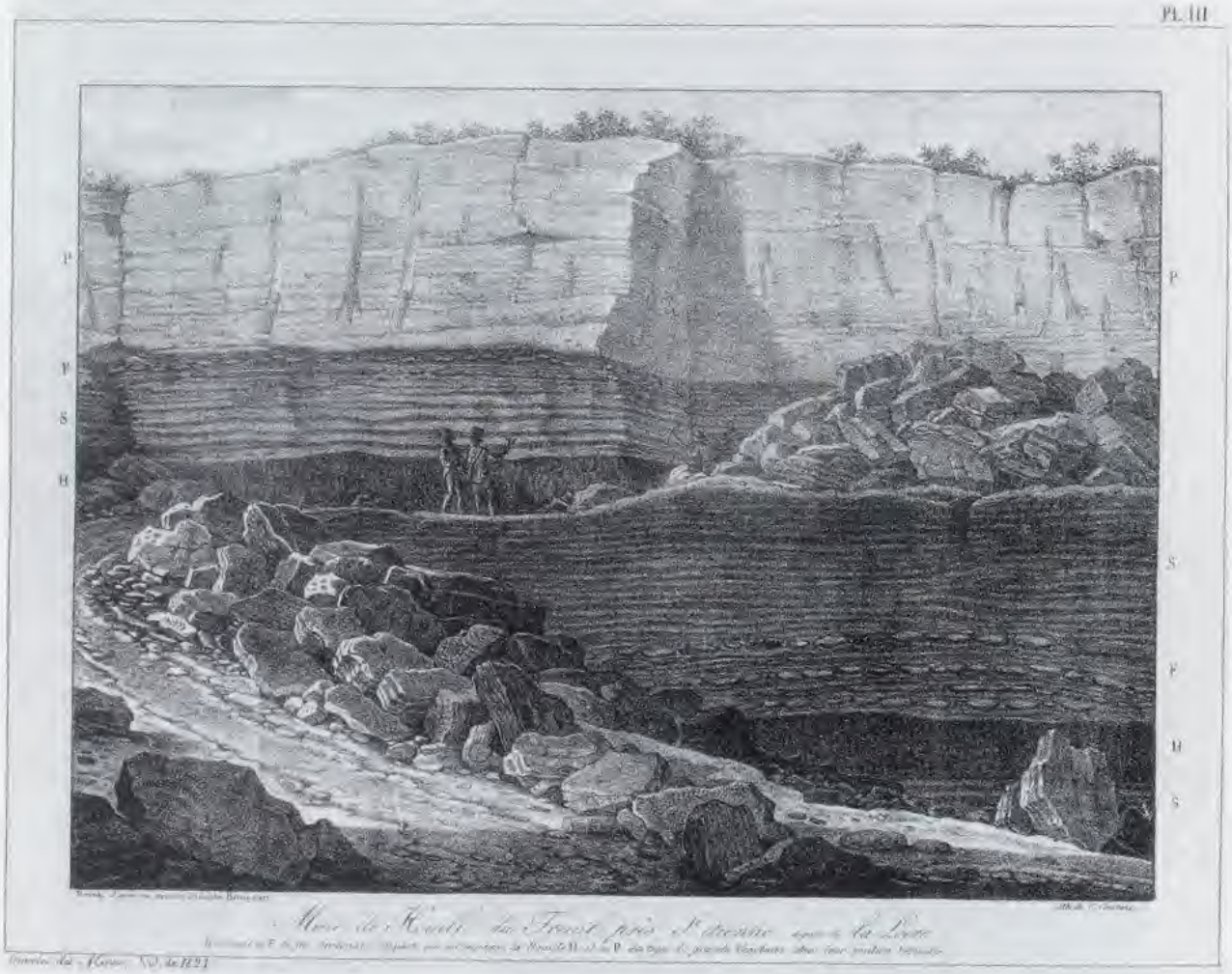


FIG. 8. — La carrière du « Treuil » vue par Adolphe BRONGNIART, 1821.
FIG. 8. — The "Treuil" opencast quarry, as seen by Adolphe BRONGNIART, 1821.

ADOLPHE BRONGNIART (1801-1876)

A. BRONGNIART a effectué au moins quatre séjours dans le bassin de Saint-Étienne ; le premier en 1821 (voir ci-dessus), le second, en 1836, en revenant d'Allemagne et de Suisse ; le troisième, en 1844, précédant des visites dans les bassins d'Alès et de Decazeville ; une dernière fois, en 1871, voyage dévolu aux « graines silicifiées » (DE SAPORTA, 1876).

Le matériel-type de plusieurs espèces a été récolté par lui-même ou sous sa direction. Ces espèces sont décrites et figurées dans l'Histoire des végétaux fossiles (1828-1838), certaines étant déjà mentionnées dans le Prodrome (1828 : 168-176). Ces pièces sont conservées au Muséum national d'Histoire naturelle dans la collection BRONGNIART. Dans la liste probablement incomplète, des échantillons ayant dû être égarés, on relève cependant que *Sigillaria lepidodendrifolia*, *Pecopteris hemitelioides*, *Pecopteris lepidorachis* et *Neuropteris auriculata* sont des espèces dont les types ont été créés sur des pièces récoltées dans le bassin de Saint-Étienne.

On ne peut manquer de mentionner ici la splendide étude « Recherches sur les graines silicifiées » (1881) fondée sur un matériel de Grand'Croix et qui est unanimement considérée comme un classique de la littérature paléobotanique. Il faut souligner que ce travail a été terminé et publié

Source : MNHN, Paris

après la mort de BRONGNIART par les soins de son disciple RENAULT qui avait lui-même confectionné les centaines de sections de graines étudiées.

FRANÇOIS CYRILLE GRAND'EURY (fig. 9)

L'HOMME

François Cyrille GRAND'EURY est né à Houdreville (Meurthe-et-Moselle) le 9 mars 1839. Reçu quatrième à l'École des Mineurs de Saint-Étienne en 1857, il en sort second en 1859, avec le brevet de 1ére classe. Après un bref passage aux Mines de Roche-la-Molière, il est nommé Répétiteur de Mathématiques à l'École des Mineurs. Il y dispensera aussi, par la suite, un enseignement de stéréotomie, de levés de plans, de comptabilité et de paléontologie végétale.

Nommé Professeur en 1883, il est élu membre correspondant à l'Académie des Sciences (section Botanique) en 1885. Il prend sa retraite en 1899, sans pour autant arrêter ses travaux de recherche en Paléobotanique. Il quitte Saint-Étienne en 1907 et s'installe à Malzéville, près de Nancy où il s'éteindra dix ans plus tard, le 22 juillet 1917, laissant une seule descendante, sa petite fille Monique, fille de son fils unique Maurice, ingénieur agronome, mort pour la France en avril 1916.

On sait peu de choses sur la personnalité de GRAND'EURY : « intelligent, très travailleur, un peu jeune » est-il mentionné sur le Registre de l'École. Paul BERTRAND nous apprend qu'il était timide et souligne ses qualités « l'exactitude de ses observations, sa sincérité, son amour ardent de la vérité ». « Indifférent aux théories d'école » nous dit VUILLEMIN, et c'est sans doute là le trait essentiel de la personnalité scientifique de GRAND'EURY, remarquable observateur, peu soucieux de plaire et poursuivant avec ténacité la tâche qu'il s'était assignée (Archives de l'École des Mines de Saint-Étienne ; BABU, 1900 ; BERTRAND, 1919b ; VUILLEMIN, 1917).

Il faut ajouter que GRAND'EURY n'est pas resté un chercheur isolé ; il était en relation avec Ad. BRONGNIART et nombre de paléobotanistes étrangers, certains sont venus le rencontrer à Saint-Étienne.

Des compagnies minières se sont adressées à lui pour étudier leurs gisements et interpréter leurs travaux d'exploration (Bassins du Gard, de Brassac, de la Bouble). Malheureusement, nous n'avons pas retrouvé les études originales que GRAND'EURY avait rédigées à leur intention.

Signalons également que GRAND'EURY a reçu plusieurs distinctions dont la Légion d'honneur en 1879 et le prix Bordin de l'Académie des Sciences en 1883.

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

GRAND'EURY a commencé ses travaux de recherche vers 1863. C'est peut-être lors de son passage aux Mines de Roche-la-Molière qu'il s'est pris de passion pour l'étude des végétaux fossiles ; passion qu'il a servie jusqu'à la fin de son existence. Au total, une soixantaine de publications signées de lui, dont certaines d'une vaste portée, se répartissent entre 1869 et 1914.

Les ouvrages

Quatre ouvrages qui font date ont été publiés entre 1877 et 1890.

— « Flore Carbonifère du Bassin de la Loire et du Centre de la France » (1877) ; c'est l'ouvrage auquel nous faisons constamment référence au cours de notre travail de révision puisqu'il recense et décrit toute la flore de Saint-Étienne.

— « Mémoire sur la formation de la houille » (1882), publié dans les Annales des Mines.

Source : MNHN, Paris

FIG. 9. — Cyrille GRAND'EURY — 1839-1917.

Source : MNHN, Paris

— « Formation des couches de houille et du terrain houiller » (1887a), publié dans les Mémoires de la Société géologique de France.

— « Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard » (1890).

Un cinquième ouvrage, resté malheureusement inachevé, « Recherches géobotaniques sur les forêts et sols fossiles et sur la végétation et la flore houillère », devait rassembler toute l'expérience et toute la réflexion de GRAND'EURY. Sa publication a commencé en 1912 ; dix fascicules étaient prévus, les trois premiers seulement ont paru. Ils sont remarquablement illustrés de la main de l'auteur.

Les notes à l'Académie des Sciences

Entre 1869 et 1908, GRAND'EURY a adressé 36 notes aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences dont 21 notes pour la seule période de 1900-1906.

— le plus grand nombre de ces Notes concerne uniquement la Paléobotanique et marque une succession d'étapes dans les observations et les déductions de GRAND'EURY : sur les rapports des tiges fossiles avec leur milieu (*Calamites*, *Sigillaria*, *Cordaites*, *Psaronius*), sur les types de racines et sur les fructifications (« graines ») avec un souci constant de rattacher les uns aux autres les éléments épars d'une même espèce. Toutes ces données nouvelles seront reprises et plus clairement ordonnancées dans « Recherches géobotaniques... ».

— Plusieurs autres notes sont consacrées à des résultats de sondages (Bassins de Brassac, du Bas-Dauphiné, du Gard) et quelques autres au mode de formation de la houille et des bassins houillers.

Sur ce dernier point — à une époque où les opinions sur la genèse des bassins étaient très partagées et discutées avec vivacité — GRAND'EURY, fort de multiples et minutieuses observations, pouvait écrire : « Tout convie à admettre, avec MM. B. RENAULT et C.E. BERTRAND, que les dépôts charbonneux se sont opérés dans des eaux mortes, peu agitées, non courantes et j'ajouterai peu profondes » (Note du 21 mars 1904).

Les autres publications

On relève sept autres contributions parues dans différentes revues et dans les Comptes-Rendus du 8^{e} Congrès Géologique International de 1900.

De plus, n'oublions pas que GRAND'EURY a publié aussi — sur des questions de techniques minières et de gestion — des articles de sa main et quelques traductions qui ont paru entre 1863 et 1873 dans le Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale.

Les voyages

GRAND'EURY a beaucoup voyagé en France et à travers toute l'Europe (Allemagne, Belgique, Espagne, Autriche-Hongrie, Russie). Il a visité des gisements très différents quant à la nature des combustibles (anthracite, houille, stipite, lignite, braunkohle) et quant à leur position stratigraphique s'échelonnant du Namurien au Pliocène.

Dans sa préface à « Recherches géobotaniques... », il donne la liste des sites visités entre 1890 et 1912, ce qui ne préjuge pas des gisements étudiés avant 1890.

Les dessins

À Saint-Étienne, les exploitants des Mines ayant besoin de matériau pour remblayer les chantiers souterrains ouvraient des carrières ou « emprunts », taillés en gradins. Ces chantiers exploités à main d'homme, tant au charbon qu'au stérile, offraient de remarquables possibilités

Source : MNHN, Paris

d'observations que GRAND'EURY a largement utilisées, d'autant que l'avancement de ces chantiers n'était pas rapide et permettait des visites successives aux mêmes endroits (emprunt de l'Eparre, carrière du Treuil).

Il a ainsi publié plusieurs centaines de dessins qu'il a levés lui-même avec beaucoup de précision. Par contre, les dessins de végétaux fossiles parus dans la « Flore carbonifère » appellent des réserves qui sont développées un peu plus loin.

Dans leur immense majorité, ces dessins illustrent deux thèmes à propos desquels il a beaucoup observé et réfléchi :

— détails de la composition des couches de charbon ;

— présence de la végétation en place dans les stampes stériles et au voisinage des couches de charbon, notamment position des tiges, troncs et souches avec leur type d'enracinement.

Parmi les plus belles planches et les plus convaincantes, citons les planches de « Formation des couches de houille et du terrain houiller » (1887) et les 30 planches publiées en 1912-1914 dans les « Recherches géobotaniques... ». On est étonné par le nombre et la finesse des détails, par l'ampleur du front d'observation (ex : les coupes relevées à la carrière de l'Eparre, pl. 6 et 22).

L'admiration portée à ce travail pourrait sécréter le doute : GRAND'EURY n'aurait-il pas complété, voire « embelli », telle ou telle partie d'un beau dessin, non pas dans l'intention d'abuser le lecteur, mais dans un but pédagogique pour rendre plus intelligibles les observations et les rapports entre les différents éléments d'une même plante ?

Cette hypothèse est à rejeter et, à part quelques exceptions, on ne peut charger GRAND'EURY de cette facilité abusive. Le soin qu'il apporte dans le texte à commenter ses dessins, les indications de détail, les mesures des tiges, sont autant de faits précis qui permettent d'écarter l'hypothèse « d'embellissement ». Dans les premières pages de « Recherches géobotaniques... », il donne (p. 6) quelques indications sur la méthode employée pour représenter les vues d'ensemble des « forêts fossiles ». Il est vraisemblable que peu de paléobotanistes dans le monde aient eu la possibilité — et la persévérance — de suivre les mêmes chantiers pendant plus de quarante ans et d'accumuler observations sur observations.

Par contre, notons que GRAND'EURY a pratiquement ignoré la photographie. On relève une seule planche en photogravure dans l'Atlas du Gard (pl. 5), 2 photos dans le livret-guide de 1900, deux autres dans une note aux Comptes-Rendus (1905) et quelques-unes dans les fascicules parus dans « Recherches géobotaniques... », mais deux de ces photos avaient déjà été publiées en 1900.

FLORE CARBONIFÈRE DU DÉPARTEMENT DE LA LOIRE ET DU CENTRE DE LA FRANCE

Ce mémoire de plus de 600 pages a été remis à l'Académie des Sciences dès 1869. Mais l'auteur a voulu le compléter. C'est en 1872 qu'Ad. BRONGNIART l'a officiellement présenté et qu'il a été soumis à l'appréciation des commissaires : TULASNE, DAUBRÉE et BRONGNIART rapporteur. L'impression en a été votée par l'Institut (BRONGNIART Ad., 1872). GRAND'EURY a continué à parfaire son œuvre jusqu'en 1875 et l'ouvrage, sorti des presses en 1877, comprend quatre parties principales assorties de notes complémentaires :

— Paléobotanique descriptive établie sur un matériel très important récolté dans le bassin houiller de Saint-Étienne et pour une part bien moindre dans le Culm du Roannais ;

— Répartition stratigraphique des flores fossiles dans les bassins carbonifères de l'hémisphère nord ;

— Flore des bassins houillers du Centre de la France ;

— Classement des couches de Saint-Étienne et histoire de la formation de ce bassin.

Cette œuvre monumentale construite sur un plan logique n'est pas cependant d'un accès facile, ni exempte de défauts. Le grand nombre d'espèces citées, le foisonnement des observations, les essais de classification, la création de groupes et de sous-groupes, certaines contradictions, des négligences

Source : MNHN, Paris

et des omissions, une grande liberté prise avec les règles de nomenclature qui étaient cependant moins astreignantes à cette époque que de nos jours, inclineraient à penser que l'auteur aurait pu être débordé par la masse et la diversité du matériel étudié. Une analyse plus affinée laisserait peut-être deviner l'influence sous-jacente d'une certaine forme de romantisme.

Ajoutons que la phrase, souvent longue, est rarement construite d'une façon simple, car elle apporte des restrictions à ce qui vient d'être énoncé et ce qui paraissait établi est aussitôt atténué et remis en cause.

À cet égard, « Géologie et Paléontologie du Gard » et « Recherches géobotaniques... » sont d'une facture plus classique. Quoi qu'il en soit, GRAND'EURY conduit parfaitement son ouvrage à son terme et nous apporte une masse considérable d'informations, de réflexions, de vues nouvelles dont nombre d'entre elles ne sont point devenues obsolètes.

La publication de ce grand travail a été très bien reçue dans les milieux scientifiques de l'époque. On notera les analyses de GRUNER (1877), de SAPORTA (1877) et de ZEILLER (1877).

Observations et critiques

1. — Population étudiée

Les fossiles décrits ou simplement cités comme ayant été trouvés dans le bassin de Saint-Étienne (hormis la flore du Culm du Roannais) se répartissent de la façon suivante, sauf erreurs de notre part :

346 espèces dont 137 créées par GRAND'EURY,
32 variétés et sous-variétés dont 12 créées par GRAND'EURY,
14 genres nouveaux créés par GRAND'EURY.

Dans ce total, les tiges, troncs, stipes, sont particulièrement bien représentés avec 86 espèces.

Beaucoup d'espèces citées par GRAND'EURY n'ont pas été retrouvées : pièces définitivement perdues au cours des déménagements qu'ont subis toutes les collections recensées ; pertes d'étiquettes indiquant la provenance avec certitude, ce qui nous interdit de prendre ces échantillons en compte.

Plus d'un siècle se sera écoulé entre la parution de la « Flore Carbonifère » et la publication de notre travail. La science paléobotanique appliquée à l'étude des terrains houillers a sensiblement progressé, s'est développée et compte maints travaux originaux. De ce fait, nombre d'espèces décrites insuffisamment par GRAND'EURY — ou seulement citées — sont tombées en désuétude ; d'autres ont été mises en synonymie. Plusieurs espèces et variétés nouvelles ne sont pas même suivies du nom de leur auteur ; faut-il en incriminer GRAND'EURY pour sa négligence ou pour sa modestie ?

Il est donc très difficile d'établir une statistique comparative exacte entre l'ensemble du matériel étudié par GRAND'EURY et l'ensemble des révisions que nous avons effectuées.

Il faut bien reconnaître — surtout en ce qui concerne la nomenclature — que l'œuvre de GRAND'EURY était maintenant devenue difficilement utilisable.

Nous avons rencontré beaucoup de difficultés pour retrouver des holotypes, non signalés en tant que tels. Certains ont cependant pu être identifiés par comparaison avec les figures originales. La référence de ces types sera signalée dans le texte.

2. — Des imprécisions

Quelques exemples traduisent une certaine hâte autant dans la rédaction que dans la relecture du manuscrit et des épreuves.

— L'*Index Plantarum* (p. 309-314) signale *Odontopteris otopteroides* qui est sommairement décrit p. 116 et apparemment considéré comme une espèce nouvelle bien que l'auteur ne le précise pas. Ce dernier le rapproche d'un *Odontopteris* fructifié portant des capsules à l'extrémité de chaque nervure (ce qui est particulièrement intéressant), mais GRAND'EURY ne lui donne pas de nom ;

Source : MNHN, Paris

on finit cependant par le découvrir : *O. sorifera* pl. 13, fig. 4, 4', 4". Voici donc très probablement une espèce nouvelle représentée par un seul échantillon mais sommairement décrite sous deux noms d'espèce différents. Ajoutons que cette pièce n'a pas été retrouvée.

Pour GRAND'EURY (1877 : 116, pl. 13, fig. 4, 4', 4"), il s'agit d'un *Odontopteris* fructifié de petite taille dont les pinnules côté gauche sont rabattues sur les pinnules côté droit, portant des capsules à l'extrémité supérieure de chaque nervure.

RENAULT (1882, 2 : 183, pl. 30, fig. 6-8) a vu cet échantillon et en donne une description plus précise et plus critique que celle donnée par GRAND'EURY. Pour RENAULT, les organes appelés capsules par GRAND'EURY pourraient être des glandes aquifères du type de celles décrites chez les *Lageniopteris*.

— *Cordaicarpus vellavus* est aussi une espèce nouvelle, mais elle n'est pas décrite dans le texte, ni même citée dans l'*Index Plantarum*. Par contre, on la découvre figurée pl. 26, fig. 18, sans aucun commentaire.

— Même critique pour *Sigillariophyllum fructiferum* évoqué dans le texte (p. 163, 2e alinéa) et figuré pl. 14, fig. 7 et 7'.

— La fig. 1 de la planche 16 est une figure cumulative composée d'au moins quatre espèces de *Doleropteris*.

3. — La figuration

L'iconographie de la « Flore Carbonifère » laisse beaucoup à désirer. Dans ses préliminaires (p. 8), GRAND'EURY indique qu'il ne peut donner les dessins des nouvelles espèces ni ceux des variétés des espèces connues. « Nos figures sont en partie théoriques. Les planches intéressent seulement la connaissance des groupes et leurs affinités ». Le lecteur est ainsi averti. Nous avons d'ailleurs constaté que le dessin de certaines pièces était en fait composé d'une pièce bien définie, mais prolongée et complétée par l'auteur.

Par contre, on pourra admirer les 4 tableaux de végétation (pl. A, B, C, D) restituant le port et l'allure des différents genres et espèces. Ils ont été largement utilisés par d'autres auteurs et reproduits dans les manuels.

4. — Quelques vues nouvelles et hypothèses de GRAND'EURY

Les observations répétées de GRAND'EURY sur quelques sites privilégiés (Treuil, Méons, Eparre, Chaumières....) l'ont amené à exposer des vues, alors tout à fait nouvelles, sur la composition et la signification des sols de végétation, sur les fructifications des « Fougères à graines », sur l'écologie des groupes végétaux, sur le mode de formation de la houille.

Les résultats de ces recherches sont publiés dans la série des Notes à l'Académie des Sciences parues entre 1897 et 1908 et dans trois livraisons de « Recherches géobotaniques... » (1912, 1913, 1914). Nous retiendrons quelques exemples.

— Plantes fossiles à écologie particulière :

Plantes aquatiques flottantes, telles les *Annularia*, certains *Sphenophyllum*, les *Doleropteris* avec *Codonospermum* (classés dans les Neuroptéridées à feuilles nageantes et graines à vessie natatoire).

Plantes aquatiques de fond, vraisemblablement des algues, rapportées au genre *Thallopteris*.

Plantes à feuilles souterraines : « Il ne s'agit pas de feuilles réduites à des écailles, mais quelque paradoxal que cela paraisse, de véritables feuilles qui ont poussé (...) dans les joints du schiste. Il faut dire qu'elles se réduisent à quelques unités rapprochées du sol de végétation » (Recherches géobotaniques... : 109). L'exemple donné et bien illustré est *Thallopteris schizopteroides* : nous ne l'avons pas retrouvé dans les collections étudiées.

Source : MNHN, Paris

— Regroupement d'espèces :

Calamites cistii Brongniart est la partie aérienne de *C. suckowii* Brongniart lequel, toujours enraciné, porte à la base des rhizomes traçants. Ces rhizomes se relèvent verticalement pour donner d'autres tiges dressées et d'autres rhizomes.

Les espèces suivantes (feuillages, rameaux et tiges) sont à rapporter à l'entité *C. cistii* — *C. suckowii*, à savoir : *Asterophyllites viticulosus* Grand'Eury, *Calamocladus parallelinervis* Grand'Eury, *Calamostachys vulgaris* Grand'Eury ainsi que *C. schatzlarensis* Sternberg et *C. foliosus* Grand'Eury (GRAND'EURY 1897a, 1900c).

— Appareils reproducteurs :

« *Alethopteris*, *Neuropteris*, *Odontopteris* et *Linopteris* ont mûri des graines et sont des Cycadinées primitives à fronde de fougères » (GRAND'EURY, 1904e).

— Systèmes radiculaires :

En étudiant les sols de végétation, GRAND'EURY a su reconnaître et distinguer les souches et les systèmes radiculaires des Cordaïtes, des Poacordaïtes et ceux de plusieurs genres de « fougères » (*Odontopteris*, *Neuropteris*, *Alethopteris*).

5. — Remarque générale concernant la localisation des fossiles végétaux dans l'œuvre de GRAND'EURY

Sous la rubrique « habitat », GRAND'EURY donne une liste, parfois longue, des sites où chaque espèce fossile a été rencontrée. Certains lieux-dits ne figurent plus sur les cartes actuelles parce qu'ils ont été absorbés par l'extension des zones urbaines ; pour d'autres, le nom a été déformé et l'orthographe également.

Pour les pièces provenant des travaux d'exploitation, deux cas sont à distinguer :

travaux en surface ou proches de la surface (emprunts, carrières) : il peut y avoir ambiguïté due à l'existence de deux sites portant le même nom ;

dans le cas où les pièces portent un numéro ordinal (ex. : 13^{e} couche) ou un nom propre de couche (ex. : Petit-Moulin), il faut se reporter au tableau 1 qui donne la correspondance entre les échelles stratigraphiques de GRAND'EURY et GRUNER avec l'échelle établie par DE MAISTRE, seule valable actuellement.

LES TRAVAUX DE 1880 À 1920

BERNARD RENAULT (1836-1904)

Disciple dévoué d'Adolphe BRONGNIART, RENAULT a laissé une œuvre paléobotanique considérable : il est connu pour son magistral cours de Botanique fossile et comme auteur de plus de deux cents articles et mémoires essentiellement consacrés à l'étude anatomique des végétaux du permo-carbonifère. En cela, ses recherches sont complémentaires de celles de ses contemporains GRAND'EURY et ZEILLER qui ont surtout étudié les végétaux conservés en empreintes.

RENAULT et GRAND'EURY ont prospecté ensemble dans le bassin d'Autun mais aussi, semble-t-il, à Saint-Étienne où GRAND'EURY a récolté en grand nombre les végétaux silicifiés de Grand'Croix qu'il décrit ou mentionne succinctement dans sa Flore Carbonifère de la Loire (1877) avant de les confier à RENAULT qui en a réalisé l'étude anatomique détaillée. À partir de 1873, RENAULT a effectivement publié un nombre important d'articles consacrés à la fois à des végétaux silicifiés d'Autun et de Saint-Étienne (ce qui s'avère être parfois une source de confusions). D'après

Source : MNHN, Paris

ROCHE (1905), RENAULT aurait réalisé environ 7000 sections anatomiques parmi lesquelles on peut estimer à plusieurs milliers le nombre de celles qui ont été taillées dans des végétaux silicifiés de Saint-Étienne (Grand'Croix, Saint-Priest). Ces lames sont actuellement conservées au Muséum national d'Histoire naturelle dans les collections RENAULT, ROCHE et GRAND'EURY. Un grand nombre de ces préparations admirables sont illustrées photographiquement pour la première fois dans ce volume.

Au Muséum national d'Histoire naturelle à Paris, la collection RENAULT comprend quelques empreintes de belle taille provenant de Saint-Étienne et plusieurs d'entre elles sont figurées dans cet ouvrage. Un très grand nombre de lames minces (plusieurs milliers) ont été taillées dans les roches silicifiées de La Grand'Croix (et de Saint-Priest ?) révélant de magnifiques structures conservées qui ont fait l'objet de nombreuses publications. À La Grand'Croix, RENAULT (1895) a découvert la présence de bactéries fossilisées telles *Micrococcus guinardi* Renault, *M. hymenophagus*, observées dans les tissus internes des Calamodendrons de Saint-Étienne.

RENÉ ZEILLER (1847-1915)

Dans les « Végétaux fossiles du terrain houiller de la France », ZEILLER (1880) cite — en se référant à GRAND'EURY — de nombreuses espèces provenant de Saint-Étienne et figure « *Pecopteris arborescens* Schlotheim », « *Pecopteris cyathea* Schlotheim », *Odontopteris reichiana* Gutbier, *Cordaites angulosostriatus* Grand'Eury.

Dans une notice sur la collection de Paléontologie végétale de l'École des Mines de Paris, publiée à l'occasion du 8^{e} Congrès géologique international, ZEILLER (1900b : 37) indique que GRAND'EURY a donné à l'École des Mines de Paris « une importante série d'empreintes du bassin de la Loire ». Ces collections ont, elles aussi, subi des vicissitudes et sont maintenant conservées à Lyon.

Source : MNHN, Paris

LA FLORE FOSSILE

Origine des collections étudiées

Les trois collections de flore fossile conservées à Saint-Étienne et les importantes collections du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris nous ont livré un abondant matériel paléobotanique qui a servi de base à notre travail de révision et d'où provient la presque totalité des pièces décrites et figurées dans cet ouvrage. Il faut y ajouter plusieurs collections universitaires de moindre importance que nous avons également révisées.

Collections conservées à Saint-Étienne

La collection Paul Bertrand (École des Mines)

Paul Bertrand (1879-1944) a étudié la flore de Saint-Étienne sur place et a été chargé d'un enseignement de Paléobotanique auprès des élèves de l'École au cours des années 1918-1935.

Cette collection de plus de 500 pièces a été reclassée par Vandenberghe qui en a dressé un Inventaire (1963) par provenance (affleurements ; travaux miniers). Les pièces sont répertoriées par deux lettres suivies de quatre chiffres : B L = bassin de la Loire, 2 chiffres = indication du gisement, 2 chiffres = n° d'ordre de la pièce dans un gisement donné.

La collection des Houillères du bassin de la Loire (H.B.L.) déposée à l'école des Mines

Elle comprend :

— une collection d'étude créée par de Maistre et ses collaborateurs à partir de 1945 avec des échantillons récoltés sur les affleurements et dans les travaux souterrains. On y trouve également des pièces déterminées par Bertrand.

— plusieurs milliers d'empreintes sur carottes de sondages provenant des campagnes de recherches entreprises dans le bassin entre 1955 et 1975. Cette collection a l'avantage de donner une idée assez exacte — dans un faisceau donné — des associations végétales et des fréquences de telle ou telle espèce (tableau 7). La plus grande partie a été déterminée par Doubinger entre 1972 et 1976.

Toutes les pièces retenues pour examen ont été répertoriées avec le préfixe SEM (Saint-Étienne, École des Mines) suivi d'un n° d'ordre.

La collection du Lycée Claude Fauriel à Saint-Étienne

A l'initiative de Bellon et Champier, professeurs au Lycée, des récoltes de fossiles ont été entreprises sur les terrils et sur les chantiers des petites exploitations à ciel ouvert mises en route à partir de 1970. Ces récoltes ont donné des pièces très intéressantes.

Source : MNHN, Paris

Nous avons ajouté le préfixe SEL (Saint-Étienne Lycée) devant les numéros ou les lettres d'identification donnés par les inventeurs de ces pièces.

Remarques

— Il existe aussi à l'École des Mines une collection générale de paléobotanique dite « collection d'enseignement » qui compte d'assez belles pièces mais que nous n'avons pas recensée car la plupart de ces échantillons ne portent aucune indication de provenance.

— Il est curieux de constater qu'il n'existe à l'École des Mines aucune collection due à GRAND'EURY. On sait que ce dernier a offert un très grand nombre d'échantillons au Muséum de Paris mais il est probable qu'il avait conservé sur place une collection de référence pour poursuivre ses travaux. Cette collection aurait-elle été dispersée, en 1927, lors du transfert de l'École des Mines de Chantegrillet au Cours Fauriel ?

— Enfin, il pourrait exister dans la région de Saint-Étienne des collections privées qui restent à découvrir.

LES COLLECTIONS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (MNHN)

Ces fossiles végétaux recueillis dans le bassin de Saint-Étienne se répartissent entre plusieurs collections.

— La collection Adolphe BRONGNIART ; plusieurs types décrits et figurés par l'auteur du Prodrome ont été récoltés à Saint-Étienne.

— La collection GRAND'EURY, de loin la plus importante (en 1893, BUREAU estime qu'elle s'élevait à plus de 7000 échantillons), occupe une centaine de tiroirs dans la galerie de Paléobotanique. Une collection GRAND'EURY de lames minces (500 préparations environ) renferme essentiellement des sections de végétaux silicifiés de Grand'Croix.

— La collection RENAULT compte :

sept mille lames dont deux à trois mille sections dans des végétaux silicifiés du Stéphanien de Grand'Croix ;

une centaine d'échantillons de silex et culots de taille de ces lames.

— Les collections d'empreintes réunies par GRUNER, RENAULT et VIRLET.

— Une collection LOUBIÈRE (empreintes et lames).

Le registre d'entrée, ouvert depuis 1845, fait foi : il porte le numéro d'ordre qui a été donné à l'échantillon et, en principe, il indique la provenance, la date du dépôt et le nom du donateur. Le numéro d'ordre est peint sur les échantillons. Parfois, certaines données manquent. Dans le cas qui nous concerne, la provenance est souvent limitée à l'indication sommaire « Saint-Étienne » sans plus de précision, ce qui ne permet pas une attribution d'ordre stratigraphique.

Heureusement, beaucoup d'échantillons portent des étiquettes collées avec mention manuscrite du lieu de récolte et, sur certains, on y reconnaît l'écriture de GRAND'EURY.

AUTRES COLLECTIONS

Nous avons également inventorié les collections conservées dans plusieurs centres universitaires :

— à Lyon (Office National de Gestion des Collections Paléontologiques) : collections paléobotaniques des Laboratoires de Géologie de Lyon, de Clermont-Ferrand et celles de l'École des Mines de Paris ;

Source : MNHN, Paris

— à Lille (Université Flandres-Artois) : une collection Paul BERTRAND au Laboratoire de Paléontologie et de Paléobotanique, collection assez importante, ne contient pas d'espèces différentes de celles qui ont été revues dans la collection de l'école des Mines de Saint-Étienne ;

— à Montpellier (Université des Sciences et Techniques du Languedoc) : plus de deux cents échantillons silicifiés de Grand'Croix et autres localités, avec sections, peels, rassemblés et récoltés par GRAMBAST puis GALTIER ; une collection ancienne de plusieurs dizaines d'empreintes ne contient pas d'espèces différentes de celles qui ont été revues.

— à Dijon (Université de Bourgogne).

— à Autun (Muséum d'Histoire Naturelle).

LE MATÉRIEL

Le matériel sur lequel se fonde l'étude de la paléoflore de Saint-Étienne, telle qu'elle se présente dans cet ouvrage, peut être classé en trois groupes apparemment distincts :

— les empreintes et compressions,
— les structures anatomiques conservées,
— la microflore.

LES EMPREINTES ET COMPRESSIONS

Comme nous venons de l'exposer, l'étude des empreintes et des compressions a porté sur les collections conservées à Paris (MNHN), Saint-Étienne (SEM, SEL), Montpellier (LPM), Lyon (LY), Lille (LPL), Strasbourg, Dijon et a été enrichie par les nombreuses déterminations effectuées au cours des campagnes de sondage entreprises sur le site entre 1955 et 1961. On peut estimer à plus de 8.000 le nombre de pièces qui ont ainsi été prises en considération pour cette révision.

Les commentaires qui accompagnent chaque taxon, concernent donc le matériel figuré sauf pour quelques cas rares où des remarques plus étoffées, d'ordre général, se sont imposées.

Une courte liste d'auteurs est proposée. Avec les premières citations, le lecteur connaîtra les circonstances de la création du taxon et les principaux remaniements intervenus ; la dernière lui fournira des indications précieuses sur l'état récent des recherches en ce domaine.

LES STRUCTURES ANATOMIQUES

Il s'agit du matériel minéralisé ou perminéralisé récolté pour une part essentielle dans le secteur de La Grand'Croix. De nombreuses lames des collections RENAULT, GRAND'EURY, BERTRAND, LOUBIÈRE ont été revues (MNHN) auxquelles sont venues s'ajouter les études récentes effectuées au Laboratoire de Paléobotanique de l'Université de Montpellier (LPM). Là encore, sauf cas particulier, les commentaires se rapportent au matériel illustré.

Dans le cadre de cette révision de la paléoflore de Saint-Étienne, lorsque que cela nous a paru possible, nous avons tenté de rapprocher structures anatomiques et compressions, tout particulièrement en ce qui concerne les appareils reproducteurs.

LA MICROFLORE

Ont été rassemblés sous ce titre les données acquises à partir des études conduites au cours des dernières décennies. Les objets inventoriés, spores ou grains de pollen, appartiennent à la catégorie

Source : MNHN, Paris

des morphes et les « pseudo-espèces » regroupent arbitrairement des éléments qui n'ont peut-être aucun lien botanique. Nous avons cependant indiqué des rapprochements incontestables et reconnus avec la macroflore. Les résultats obtenus apportent une contribution de premier ordre en ce qui concerne la connaissance stratigraphique du bassin.

Source : MNHN, Paris

LA MACROFLORE

Le matériel paléobotanique consiste presque toujours en débris végétaux plus ou moins fragmentaires, fossilisés sous forme d'empreintes, de compressions ou de perminéralisations.

Ce caractère fragmentaire amène à utiliser, surtout pour les périodes reculées comme le Carbonifère, un système de classification artificiel permettant de décrire et de nommer des organes végétaux isolés. La plante entière reste en effet le plus souvent inconnue.

C'est ainsi qu'on est amené à décrire des « genres d'organes » de : feuilles, tiges, rameaux feuilles, racines, cônes mâles et femelles... qui ne présupposent pas nécessairement une affinité botanique très précise. Une partie du texte est donc structurée sur la base de ces critères purement morphographiques.

Ce n'est que lorsque des connections organiques sont mises en évidence entre les différentes parties d'un végétal qu'une reconstitution plus ou moins complète peut être proposée, conduisant parfois à la définition d'un genre « naturel » fossile pouvant servir de base à une famille.

Ce système complexe est donc en remaniement permanent, à mesure des découvertes nouvelles, amenant ainsi à des révisions et des regroupements taxinomiques, consensuels ou non.

Embranchement des Thallophyta

Genre *Thallopteris* Grand'Eury, 1913

Espèce-type. — ***Thallopteris schizopteroides*** Grand'Eury, 1913.

Thallopteris, Grand'Eury, 1913 : 109.

Ce genre a été créé pour regrouper les plantes aquatiques de fond avec prolongements rampants, bifurqués et feuilles régulièrement subdivisées par de nombreuses dichotomies.

Thallopteris schizopteroides Grand'Eury, 1913

Thallopteris schizopteroides, Grand'Eury, 1913 : 109, fig. 44, 45.

Thalles subdivisés en lobes cunéiformes entrecroisés ; lobes finement striés sans aucune nervure moyenne, tantôt coriaces, tantôt très minces et difficilement identifiables. Frondes attachées par côté à des prolongements rampants non striés quoique marqués de points étirés en longueur. Certaines frondes dont les lobes sont divergents forment des rosaces.

L'absence de nervure moyenne est le principal critère retenu par Grand'Eury pour justifier le classement de ces formes parmi les végétaux non vasculaires (probablement des Algues). À noter cependant une certaine convergence de forme avec les *Schizopteris*.

Source : MNHN, Paris

Le matériel décrit par GRAND'EURY provient de la 1ère Crue de Montrambert (c'est-à-dire du faisceau des Littes), partie supérieure de l'Assise des couches de Saint-Étienne. Ce matériel n'a pas été retrouvé dans les collections que nous avons examinées.

REMARQUE. — Les empreintes dessinées par GRAND'EURY ont été certainement relevées *in situ*. Et il est même probable qu'elles n'ont pas pu être prélevées sur le terrain et qu'elles n'ont jamais été classées dans une collection.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur — Bassin de Saint-Étienne.

EMBRANCHEMENT DES LYCOPHYTA

CLASSE DES LYCOPODIOPSIDA

ORDRE DES LYCOPODIALES

FAMILLE DES LYCOPODIACEAE

Genre *LYCOPODITES*, Lindley & Hutton 1833 *non* Brongniart, 1822

ESPÈCE-TYPE. — ***Lycopodites falcatus*** Lindley & Hutton, 1833.

Lycopodites, LINDLEY & HUTTON, 1833 : 171, pl. 61, fig. 1, 2.

Végétaux fossiles herbacés ou supposés herbacés, semblables aux Lycopodes actuels, isosporés, sans ligule et sans formations ligneuses secondaires ; connus depuis le Dévonien moyen.

Lycopodites decussatus Grand'Eury, 1877

Fig. 10

Lycopodites decussatus, GRAND'EURY, 1877 : 137, pl. 14 (1).

MATÉRIEL-TYPE (re-figuré ici). — MNHN 8501.
LOCALITÉ-TYPE. — L'exemplaire de *L. decussatus*, unique semble-t-il, a été récolté au Bois d'Avaize dans le faisceau de Beaubrun.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Rameaux longs et simples, paraissant bifurqués à leur sortie d'un axe principal ; à feuilles opposées, membraneuses, situées dans le plan des ramifications, longues de 5 à 8 mm à l'extrémité aiguë, larges de 1,5 à 2 mm, avec indices d'autres petites feuilles, à peine discernables, en croix sur les premières (décussées).

REMARQUE. — Pour GRAND'EURY (1877 : 137), cette espèce est assez voisine de « *Selaginellites (Lycopodites) guthieri* Goeppert ». Ce fut également l'opinion de JONGMANS qui a laissé une note manuscrite au dos de l'échantillon.

Toutefois CHALONER et BOUREAU (BOUREAU, 1967 : 733) précisent que le genre *Selaginellites* est limité à des spécimens nettement hétérosporés ; les formes voisines étant classées dans le genre *Lycopodites* sauf si elles sont en connexion avec des cônes contenant des mégaspores.

Un autre *Lycopodites* cité par GRAND'EURY, *Lycopodites lycopodioides* Feistmantel récolté à Robertane à l'ouest de Villars, n'a pas été retrouvé au cours de notre travail de révision.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Source : MNHN, Paris

Classe des Lepidophytopsida

Ordre des Lépidophytales

Végétaux de grande taille pouvant atteindre 20 à 30 m de hauteur et 1 à 2 m de diamètre avec une écorce très épaisse, garnie de coussinets foliaires, généralement losangiques, très rapprochés ou contigus, disposés en spirales ; tronc élancé, nu, portant au sommet un bouquet de branches divisées par dichotomie et garnies de feuilles étroites, généralement courtes.

On connaît :

— des tiges et des rameaux où les coussinets foliaires sont intacts : genres *Lepidodendron* Sternberg, *Lepidofloyos* Sternberg ;

— des tiges et des rameaux décortiqués où les coussinets foliaires ont disparu révélant des empreintes sous-corticales d'aspect différent suivant le plan intéressé : genres *Aspidiaria* Presl, 1838, *Bergeria* Presl, 1838, *Knorria* Sternberg, 1825, *Aspidiopsis* Potonié (Fischer *in* Potonié, 1905) ; actuellement, ces noms de genre ne sont plus employés : toutes les formes sans coussinets foliaires identifiables sont simplement désignées sous le nom de genre *Lepidodendron* ;

— des feuilles linéaires, aiguës, uninervées, désignées sous le nom de spicules et extérieurement semblables aux feuilles de Sigillaires, mais souvent plus courtes, groupées dans le genre *Cyperites* ;

— des strobiles (cônes ou épis fructifères) : genre *Lepidostrobus* Brongniart ;

— des sporophylles (bractées sporangifères) : genres *Lepidocarpon* Scott, *Lepidostrobophyllum* Hirmer ;

— des racines : genres *Stigmaria* Brongniart, identiques aux racines de Sigillaires.

Tiges des Lépidophytales

Caractères distinctifs des *Lepidodendron* et des *Sigillaria* :

1. — Chez les *Lepidodendron*, les feuilles sont presque toujours disposées en spirale. Elles sont toujours en verticilles alternant chez les *Sigillaria*.

2. — Les feuilles des *Sigillaria* sont plus longues et plus larges que celles des *Lepidodendron*, elles peuvent atteindre jusqu'à un mètre de longueur.

3. — Les *Lepidodendron* portent une couronne très ramifiée. Les tiges de *Sigillaria* ne sont pas ramifiées mais peuvent présenter quelques dichotomies au sommet.

4. — Chez les *Lepidodendron*, les cônes naissent aux apex des branches de la couronne. Chez les *Sigillaria*, les cônes sont portés sur des pédoncules spécialisés.

5. — En se détachant, les bases foliaires des *Sigillaria* révèlent des niveaux sous-corticaux à doubles files de parichnos et à côtes très réduites (état *Syringodendron*). Cette disposition n'est pas connue chez les *Lepidodendron* (Chaloner & Boureau, 1967 : 617).

Famille des Lepidodendraceae

Genre *Lepidodendron* Sternberg, 1820

Espèce-type. — ***Lepidodendron aculeatum*** Sternberg, 1820.

Lepidodendron, Sternberg, 1820, 1 : 25, 1838, 4 : 10.
Lepidodendron, Renier & Stockmans, 1938 : 59-60.
Lepidodendron, Chaloner & Boureau, *in* Boureau, 2, 1967 : 529.

Description sommaire. — Tiges de grande taille pouvant atteindre jusqu'à 2 m de diamètre grâce au développement de la partie subéreuse de l'écorce. « Coussinets foliaires bien délimités,

Source : MNHN, Paris

saillants, ordinairement allongés verticalement, portant en leur milieu ou peu au-dessus une cicatrice foliaire rhomboïdale, allongée transversalement, garnie vers son milieu ou son bord inférieur, de trois cicatricules (la médiane allongée, les autres punctiformes) et surmontée d'une cicatrice (ouverture de la cavité ligulaire) en accent circonflexe ; parfois flanquée intérieurement et de part et d'autre de la ligne médiane, de deux cicatrices de tissu lacuneux » (RENIER & STOCKMANS, 1938).

Mesure des angles des alignements des coussinets foliaires. — Les coussinets foliaires sont disposés en spirale et forment, sur des portions de tiges fossiles aplaties ou non, des alignements généralement très réguliers et très bien ordonnés. En fait, pour les tiges aplaties, ces alignements représentent la projection, sur un plan supposé horizontal, de segments de spirales de l'hélice foliaire.

Il semble possible de dégager un critère supplémentaire qui pourrait, dans certains cas, devenir un caractère d'identification basé sur la phyllotaxie.

1. — Il est généralement facile de mesurer les angles des alignements par rapport à une transversale horizontale. On aura ainsi un angle dextre mesuré entre l'horizontale et les alignements droite-gauche en montant. Et de même, un angle senestre mesuré entre l'horizontale et les alignements gauche-droite en montant.

Il va de soi que les mêmes mesures prises sur une contre-empreinte seront inversées.

2. — La valeur de l'angle de l'intersection des deux alignements droite-gauche et gauche-droite est la même sur l'empreinte et sur la contre-empreinte.

Pour établir correctement la validité de cette méthode, il faudra :

a) disposer de tiges fossilisées d'une assez grande longueur, afin de vérifier si la valeur des angles définis ci-dessus reste la même en tous points.

b) disposer aussi d'un assez grand nombre d'échantillons bien conservés de différentes espèces afin de comparer les mesures obtenues et éventuellement distinguer des groupements.

Ce travail relève d'une révision d'ensemble du genre *Lepidodendron*.
Nous avons effectué un certain nombre de mesures sur les échantillons de Saint-Étienne, mais les pièces étudiées sont de taille trop modeste pour que ces mesures d'angle puissent être considérées comme représentatives.

OBSERVATIONS

1. — Les auteurs s'accordent à penser que les zones subéreuses sous-jacentes peuvent, en se développant, écarter les coussinets les uns des autres et disjoindre leurs alignements. Dans ce cas particulier, la méthode indiquée ci-dessus ne serait pas applicable.

2. — On peut se demander s'il n'existe pas aussi, entre coussinets foliaires appartenant à des espèces différentes, des convergences d'apparence en fonction de l'âge des tiges et des divers niveaux occupés sur ces mêmes tiges.

Lepidodendron beaumontianum Grand'Eury, 1877

Fig. 13, 14

Lepidodendron beaumontianum, GRAND'EURY, 1877 : 141.
Lepidodendron beaumontianum, RENAULT, *in* RENAULT & ZEILLER, 1888-1890 : 502-503, pl. 49 (3, 4).
Lepidodendron beaumontianum et var. ***quadrangulatum***, GRAND'EURY, 1890 : 234, pl. 12 (12).

MATÉRIEL-TYPE. — Dans la collection BRONGNIART se trouve, comme l'indique le répertoire des entrées, un échantillon étiqueté « *Lepidodendron beaumontianum* » (MNHN 1215 ; 11 × 13 cm). Si BRONGNIART a sans doute voulu rendre ainsi hommage à Léonce ELIE DE BEAUMONT, aucune publication n'est venue valider à cette époque le binôme qui ne fut repris, par GRAND'EURY, qu'en 1877. À noter que ce fossile (*typus*), reproduit ici (fig. 13), provient de Waldenburg (ou Falkenberg) en Basse-Silésie et non d'Angleterre (GRAND'EURY, 1877 : 141).

Source : MNHN, Paris

FIG. 10-14. — : 10 : (× 1) *Lycopodites decussatus* Grand'Eury. 11 : (× 1) : *Cyperites bicarinata* Lindley & Hutton ; 12 : (× 1) *Lepidocarpon majus* (Brongniart) Hemingway ; 13-14 (× 1) : *Lepidodendron beaumontiamum* Grand'Eury.

Source : MNHN, Paris

DIAGNOSE RÉSUMÉE DU TYPE. — Coussinets foliaires de 9 à 10 mm de largeur pour 12 à 13 mm de hauteur, épais, proéminents, munis au-dessous de la cicatrice d'une carène saillante coupée transversalement par 8 à 10 rides arquées très nettes. Cicatrice foliaire, petite, rhomboïdale avec une cicatrice centrale correspondant au passage du faisceau de la feuille qui devait être courte et quadrangulaire à sa base.

Chaque coussinet est entouré d'un bourrelet de 1 mm d'épaisseur environ. Les bourrelets des coussinets contigus se juxtaposent sans se confondre. Une partie de l'échantillon est recouverte par une écorce charbonneuse finement striée.

MATÉRIEL FIGURÉ. (MNHN 8497). — L'exemplaire récolté au Mouillon au toit de la couche Bâtarde dans l'assise de Rive de Gier présente des coussinets foliaires un peu plus grands, mais sans bourrelets, quadrangulaires, diagonales égales, 20 mm en hauteur et en largeur. Cicatrice assez haute, contour équatorial parfois arrondi (fig. 14).

REMARQUE. — Le *Lepidodendron beaumontianum* de Commentry figuré par RENAULT (1890, pl. 59, fig. 3 et 4) présente (fig. 3) des coussinets foliaires quadrangulaires, presque carrés, qui, sur la figure 4, sont nettement losangiques avec un allongement équatorial.

FORMES VOISINES. — Dans la Flore du Gard, GRAND'EURY (1890, pl. 12, fig. 12) décrit une forme proche, avec coussinets foliaires presque carrés, sous le nom de *L. beaumontianum* var. *quadrangulatum*.

Parmi les échantillons du Chansi étudiés par ZEILLER (1901 : 431, pl. 7) et rapportés par lui à *Lepidodendron oculus-felis* (Abbado 1900) Zeiller 1901, on remarquera que les figures 1 et 2 de la pl. 7 offrent une grande ressemblance avec les échantillons de *L. beaumontianum* ci-dessus cités, sans pouvoir affirmer cependant que ces deux espèces devraient être réunies sous un même nom.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien de l'Europe centrale, Stéphanien du Massif Central français.

Lepidodendron brongniartii Vetter, n. sp.

Fig. 15, 16

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 10125, coll. RENAULT. Holotype (25 × 45 cm).
LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne.

DIAGNOSE (P. VETTER). — Coussinets foliaires de petites dimensions, hauts de 10 à 11 mm, larges de 5 à 6 mm, angles aigus aux pôles, contour équatorial arrondi, séparés les uns des autres par un mince bourrelet large de 1 mm tout au plus ; cicatrice foliaire située dans le tiers supérieur du coussinet, sans ornementation semble-t-il.

MATÉRIEL FIGURÉ. — L'échantillon qui porte une étiquette de la main de GRAND'EURY, présente une belle dichotomie. La branche principale mesure 9 cm de largeur, elle se divise en deux rameaux de 4,5 cm. Les alignements des coussinets s'incurvent régulièrement pour épouser l'allure de la dichotomie. L'empreinte est en partie recouverte par une pellicule de vitrain d'épaisseur millimétrique qui, sur sa face externe, reproduit la mosaïque des coussinets sous-jacents avec une ornementation particulière.

REMARQUE. — *Lepidodendron brongniartii* offre quelques ressemblances avec *Lepidodendron aculeatum* Sternberg mais les coussinets de cette dernière espèce sont environ trois fois plus grands.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Source : MNHN, Paris

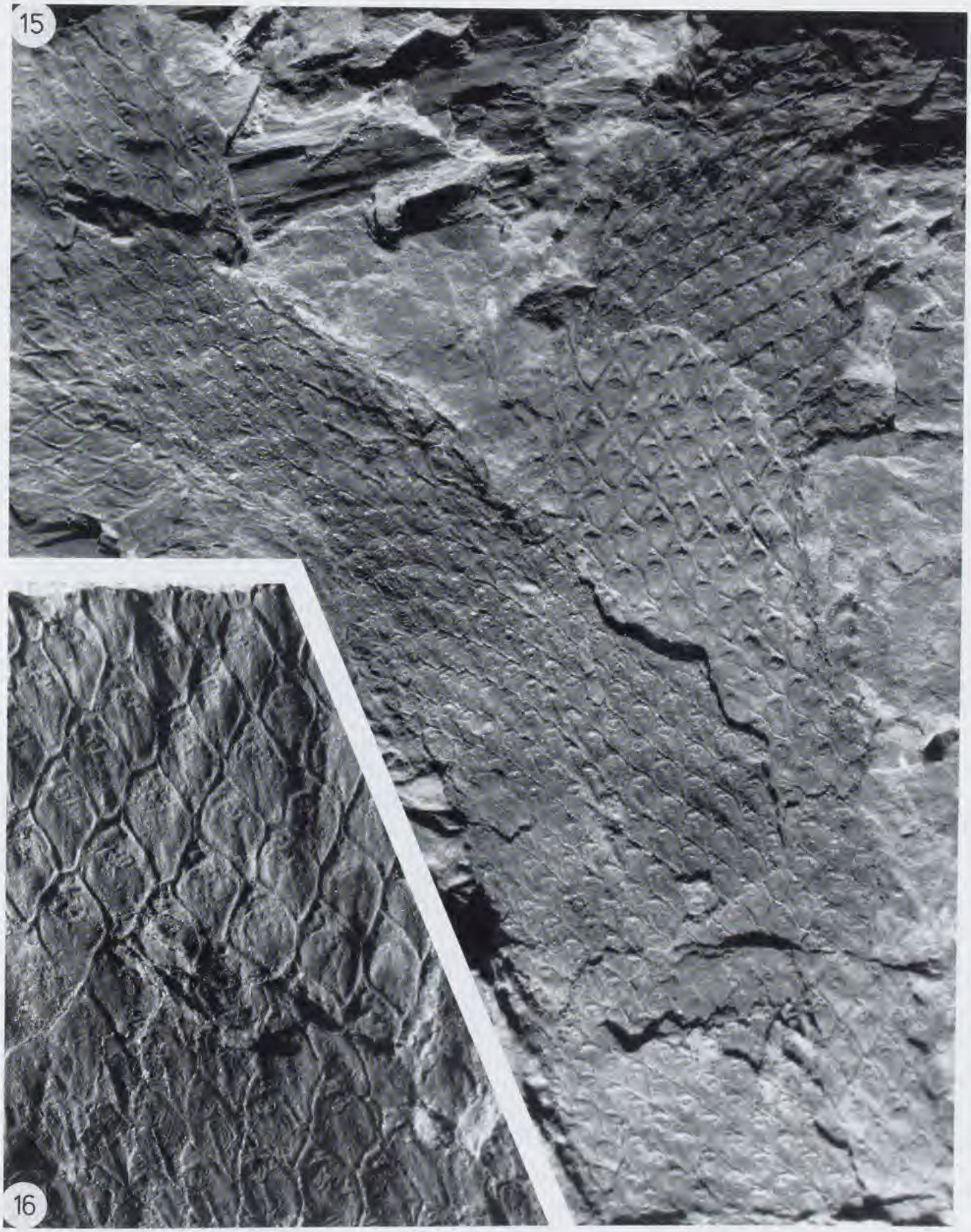


FIG. 15-16. — 15 (× 1), 16 (× 2) : *Lepidodendron brongniartii* (Grand'Eury ex) Vetter n. sp.

Source : MNHN, Paris

Lepidodendron clipeiforme Vetter, n. sp.
Fig. 17, 18, 19

MATÉRIEL-TYPE. — SEM 39 (SEL G 51) enregistré sous le n° MNHN 40008. Holotype (16 × 22 cm) : fig. 17, 18.

LOCALITÉ-TYPE. — Stot Gruner (faisceau de Beaubrun, horizon de la 13e Beaubrun). La diagnose de cette nouvelle espèce est basée sur un bel échantillon récolté en 1970 dans l'exploitation à ciel ouvert du stot Gruner (faisceau de Beaubrun, horizon de la 13e B). Plusieurs autres échantillons ont été récoltés au même endroit (SEL G 46, G 49a et b : fig.19 ; G 52) et sont actuellement conservés dans les collections du Lycée Fauriel à Saint-Étienne. L'holotype est déposé au MNHN.

DIAGNOSE (P. VETTER). — Coussinets foliaires en forme d'écussons rhomboïdaux dont les diagonales mesurent 12 à 15 mm en largeur et 18 à 20 mm en hauteur ; presque contigus, séparés seulement par un mince bourrelet dont l'épaisseur est de l'ordre du mm ; disposés en alignements très réguliers.

Les bords des coussinets sont nettement arrondis dans leur partie médiane. L'extrémité supérieure se termine en pointe légèrement accusée, l'extrémité inférieure est plus marquée. La cicatrice foliaire généralement bien visible se situe à peu près à la base du tiers supérieur de la hauteur du coussinet.

La surface de l'échantillon représenté fig. 17 est parcourue par des rides longitudinales discontinues, en relief, qui suivent le grand axe des coussinets. Ces rides, longues de 2 à 4 cm, ont une largeur de 2 à 3 mm, atteignant 4 à 5 mm pour les plus épaisses.

Derivatio nominis. — La forme des coussinets foliaires rappelle, en miniature, l'allure du bouclier ovale ou *clipeus*.

REMARQUE. — Un échantillon d'assez grande taille, SEL G 49b, récolté sur le même site (stot Gruner) permet d'apprécier la rapidité des variations de l'ornementation sur une même transversale : les bandes subéreuses deviennent plus épaisses, les coussinets se déforment par élongation, s'écartent les uns des autres et la trace de leur contour tend elle-même à disparaître. Une pellicule charbonneuse, témoin d'une écorce supérieure houillifiée recouvre une partie de l'empreinte et laisse seulement apparaître le relief des bandes longitudinales, soulignant ainsi la position des coussinets masqués.

FORME VOISINE. — *Lepidodendron clipeiforme* offre quelque ressemblance avec *L. beaumontianum* Grand'Eury, mais les coussinets de cette dernière espèce ont un contour plus abrupt, moins arrondi, parfois quadrangulaire.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Lepidodendron jarense Grand'Eury, 1877
Fig. 21, 46

Lepidodendron jarense, GRAND'EURY, 1877 : 141.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 8498a et b (8 × 10 cm).

LOCALITÉ-TYPE. — GRAND'EURY précise qu'il a récolté plusieurs échantillons de cette espèce en différents secteurs de l'assise de Rive de Gier (Replat, Gourd-Marin et surtout Sardon). Rappelons que Jarez, nom géographique, désigne la région supérieure de la vallée du Gier.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Coussinets foliaires de très petite taille, très nets, contigus, étroits et allongés, mesurant 10 mm en hauteur et 3 à 4 mm dans la plus grande largeur, marqués sur toute leur surface de fortes rides en travers, au-dessus comme au-dessous de la cicatrice foliaire située assez haut (fig. 21).

Source : MNHN, Paris

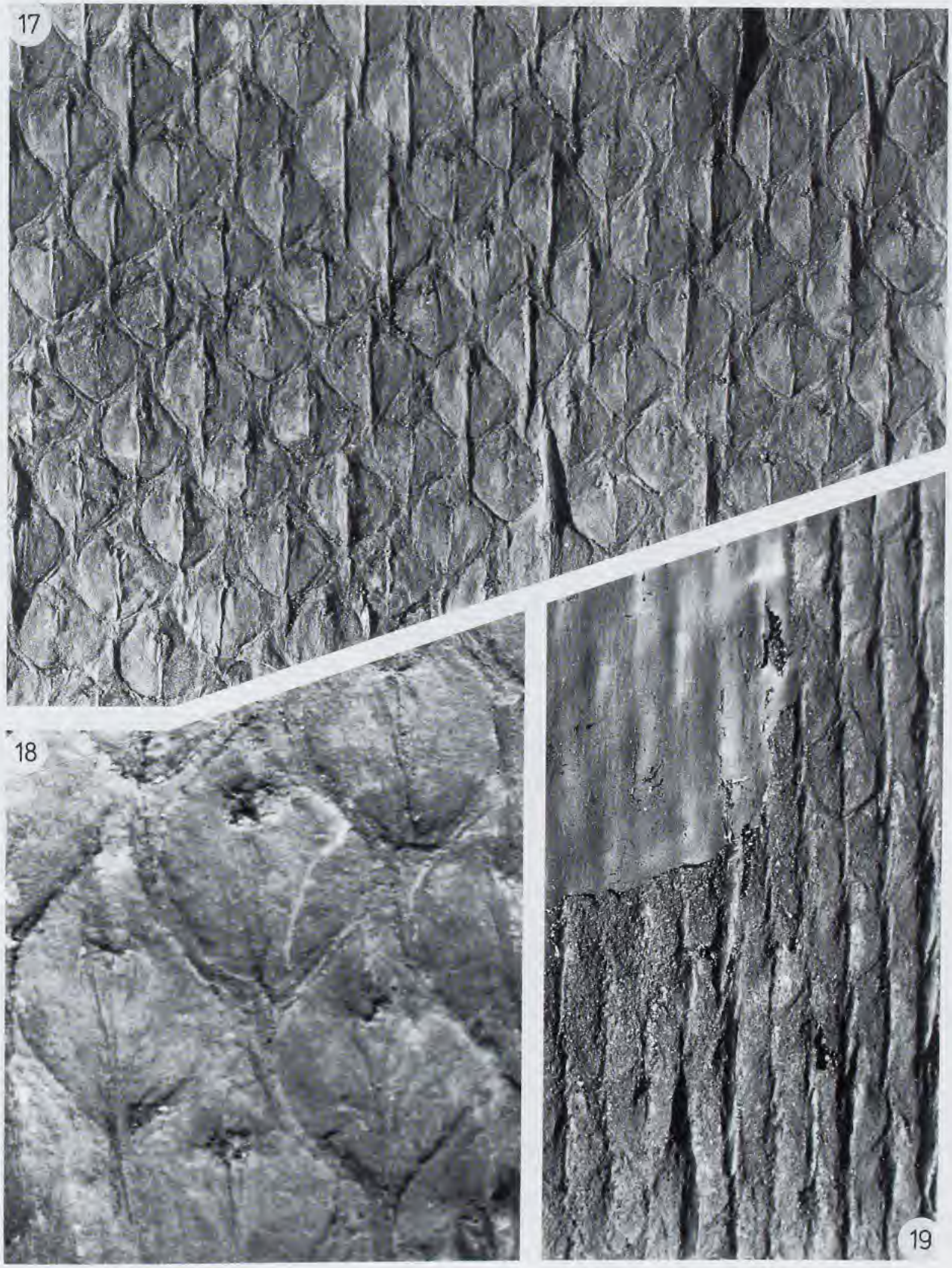


FIG. 17-19. — 17 (× 1), 18 (× 3), 19 (× 1) : *Lepidodendron clipeiforme* Vetter n. sp.

Source : MNHN, Paris

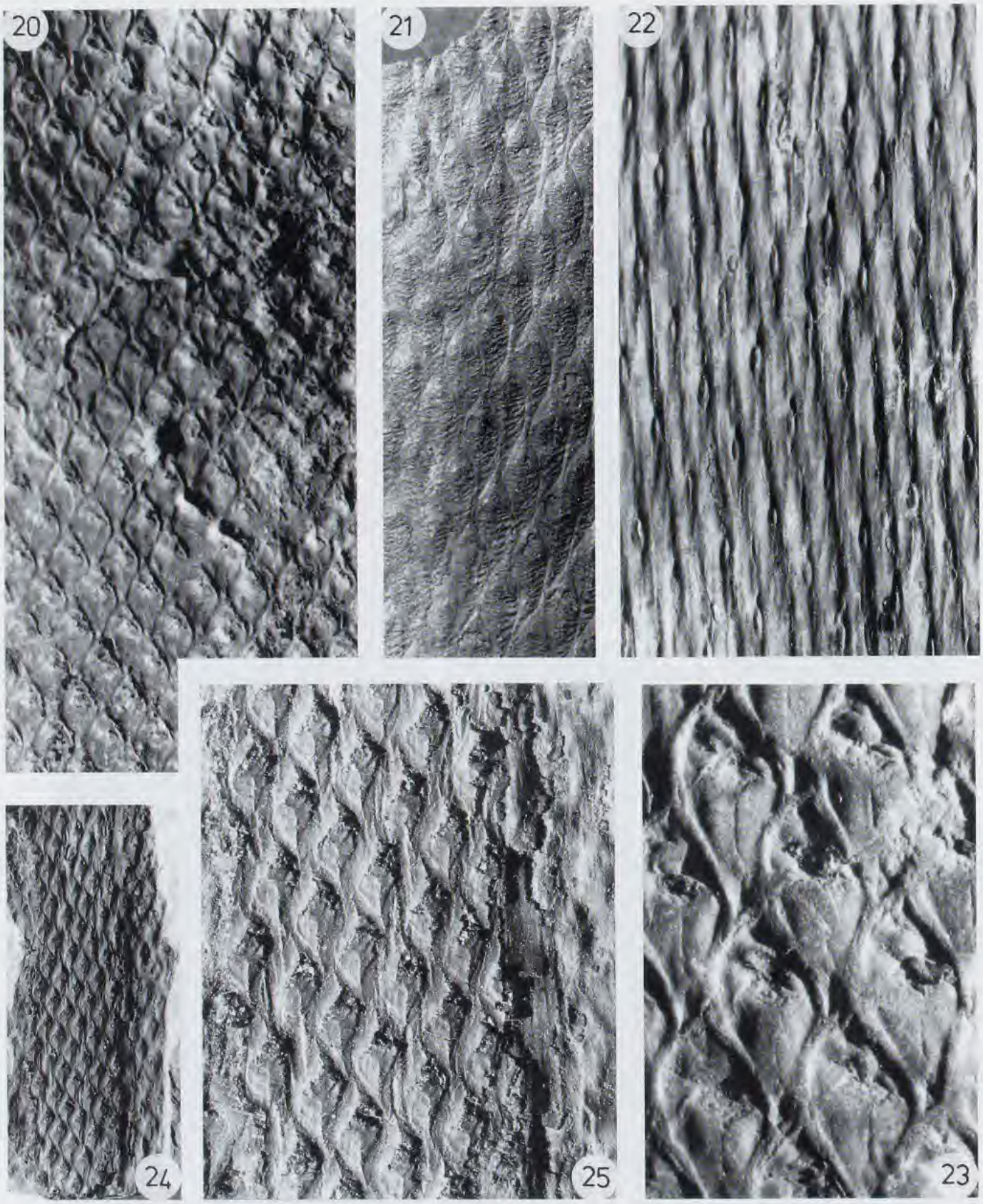


FIG. 20-25. — 20 (× 1), 23 (× 3) : *Lepidodendron ophiurus* (Brongniart) Brongniart ; 21 (× 2) : *Lepidodendron jarense* Grand'Eury ; 22 (× 1) : *Lepidodendron* sp. aff. *rimosum* Sternberg ; 24 (× 1), 25 (× 3) : *Lepidodendron* aff. *simile* Kidston.

Source : MNHN, Paris

Le type comprend un fragment de tige aplatie garnie de coussinets foliaires sur toute sa surface et une contre-empreinte également très nette. L'échantillon présente le départ d'un petit rameau qui se détache de la tige sous un angle presque droit (fig. 46).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Lepidodendron ophiurus (Brongniart) Brongniart, 1828
Fig. 20, 23

Sagenaria ophiurus, BRONGNIART, 1822 : 27 et 90, pl. 4 (fig. 1a-b).
Lepidodendron ophiurus (Brongniart), BRONGNIART, 1828 : 85 et 173.
Lepidodendron sternbergii, LINDLEY & HUTTON, 1, 1831, pl. 4.
Lepidodendron sternbergii, GRAND'EURY, 1877 : 140.
Lepidodendron ophiurus, CHALONER & BOUREAU, *in* BOUREAU, 1967 : 541-542 (fig. 369-370)

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Coussinets foliaires un peu plus longs que larges ; cicatrice foliaire située très haut avec des carènes non ornées au-dessus et au-dessous. Coussinets souvent espacés, avec plus ou moins de tissu cortical entre eux.

MATÉRIEL FIGURÉ. — GRAND'EURY a récolté un certain nombre d'échantillons dans l'assise de Rive de Gier dont la pièce MNHN 8500 provenant du toit de la 2e Bâtarde au puits Sainte-Mélanie de Montbressieux et qui fut rapportée à *L. sternbergii* Lindley et Hutton.

FORMES VOISINES. — GRAND'EURY cite également *Lepidodendron rimosum* Sternberg et *L. fusiforme* Corda dont nous n'avons pas retrouvé d'exemplaires dans les collections étudiées. Ces deux noms sont probablement synonymes de *L. ophiurus* Brongniart.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Lepidodendron aff. *rimosum* Sternberg, 1825
Fig. 22

Lepidodendron rimosum, STERNBERG, 1825 : 21, fig. 10 (1)

MATÉRIEL FIGURÉ. — Tige de *Lepidodendron*, SEM 21 (BL 69.06) (24 × 40 cm), ayant atteint un stade de décortication avancée. Les coussinets foliaires sont tombés. Toute la surface de l'échantillon est occupée par des corps fusiformes juxtaposés (longueur 35 à 40 mm) portant en leur milieu des petites cicatrices allongées (5 à 7 mm) qui correspondent sans doute à la trace du faisceau vasculaire.

Cet échantillon (coll. P. BERTRAND) provient de la Haute-Cappe (assise de Rive de Gier).

Lepidodendron aff. *simile* Kidston, 1909
Fig. 24, 25

Lepidodendron simile, KIDSTON *in* JONGMANS, 1909 : 215

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8499 (5 × 7 cm). Échantillon de petite taille ne portant pas de feuilles, large de 3 cm, provenant probablement d'un rameau et non d'une tige. Coussinets foliaires losangiques, effilés à la partie inférieure, entourés d'un bourrelet assez épais ; à carène saillante, bien marquée, sans plis transversaux, cicatrice foliaire située au tiers supérieur du coussinet.

Source : MNHN, Paris

Cet échantillon a été récolté à Montbressieux dans l'assise de Rive de Gier. Il est répertorié *Lepidodendron elegans* sur le registre d'entrée du Muséum, de même que MNHN 8510 (2e Bâtarde), et ces déterminations sont très certainement celles de GRAND'EURY.

REMARQUE. — On sait (CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 1967, 2 : 549) que *L. elegans* Brongniart a été mis en synonymie avec *L. simile* Kidston. Toutefois, MNHN 8499 s'écarte légèrement de cette dernière espèce par ses coussinets plus petits et par son absence de feuilles. Il se distingue de *L. ophiurus* (Brongniart) Brongniart dont les coussinets sont sensiblement plus grands.

Genre *LEPIDOFLOYOS* Sternberg, 1825

ESPÈCE-TYPE. — ***Lepidofloyos laricinum*** Sternberg, 1825.

Lepidofloyos, STERNBERG, 1825 : 13.
Lepidophloios, SCHIMPER, 1870 : 49.
Lepidophloios, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 1967, 2 : 569.

Lycophyte arborescente de taille probablement un peu inférieure à celle des lépidodendrons et des sigillaires. Coussinets foliaires et cicatrices ont un contour rhomboïdal et sont disposés en spirale sur la tige.

Coussinets foliaires toujours plus larges que longs (ce qui les différencie des lépidodendrons), exactement contigus, très serrés, se masquant en partie la base les uns les autres sur les rameaux âgés ; cicatrice foliaire ellipsoïdale ou rhomboïdale avec une seule cicatrice vasculaire et parichnos latéraux.

Lepidofloyos anthracinus Grand'Eury, 1877
Fig. 28, 29

Lepidofloyos anthracinus, GRAND'EURY, 1877 : 141-142.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8495 (5 × 7 cm) provient de la première Bâtarde (concession de la Pomme) dans l'assise de Rive de Gier.

« Empreinte écailleuse ressemblant à un cône à écailles dressées comme dans les Abiétinées, carpellaires et épaisses comme dans les pins ; mais au lieu d'être en massue tronquée, elles sont arrondies et un peu excurvées au sommet ». GRAND'EURY conclut cependant qu'il s'agit là d'un « petit fragment de *Lepidofloyos* strobiliforme ».

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne.

Lepidofloyos macrolepidotus Goldenberg, 1855

« ***Lepidofloyos (Lomatofloyos) macrolepidotus*** », GOLDENBERG, 2, 1855 : 44, pl. 14 (25).
Lepidofloyos macrolepidotus, GRAND'EURY, 1877 : 142.

D'après GRAND'EURY, il s'agit d'un fragment sans doute unique.

En plusieurs points de l'assise de Rive de Gier (Puits Grézieux, Malassagne, Sardon), GRAND'EURY signale encore la présence de *Lepidofloyos laricinum* Sternberg, 1825 qui, lui, n'a pas été retrouvé dans les collections recensées.

Source : MNHN, Paris

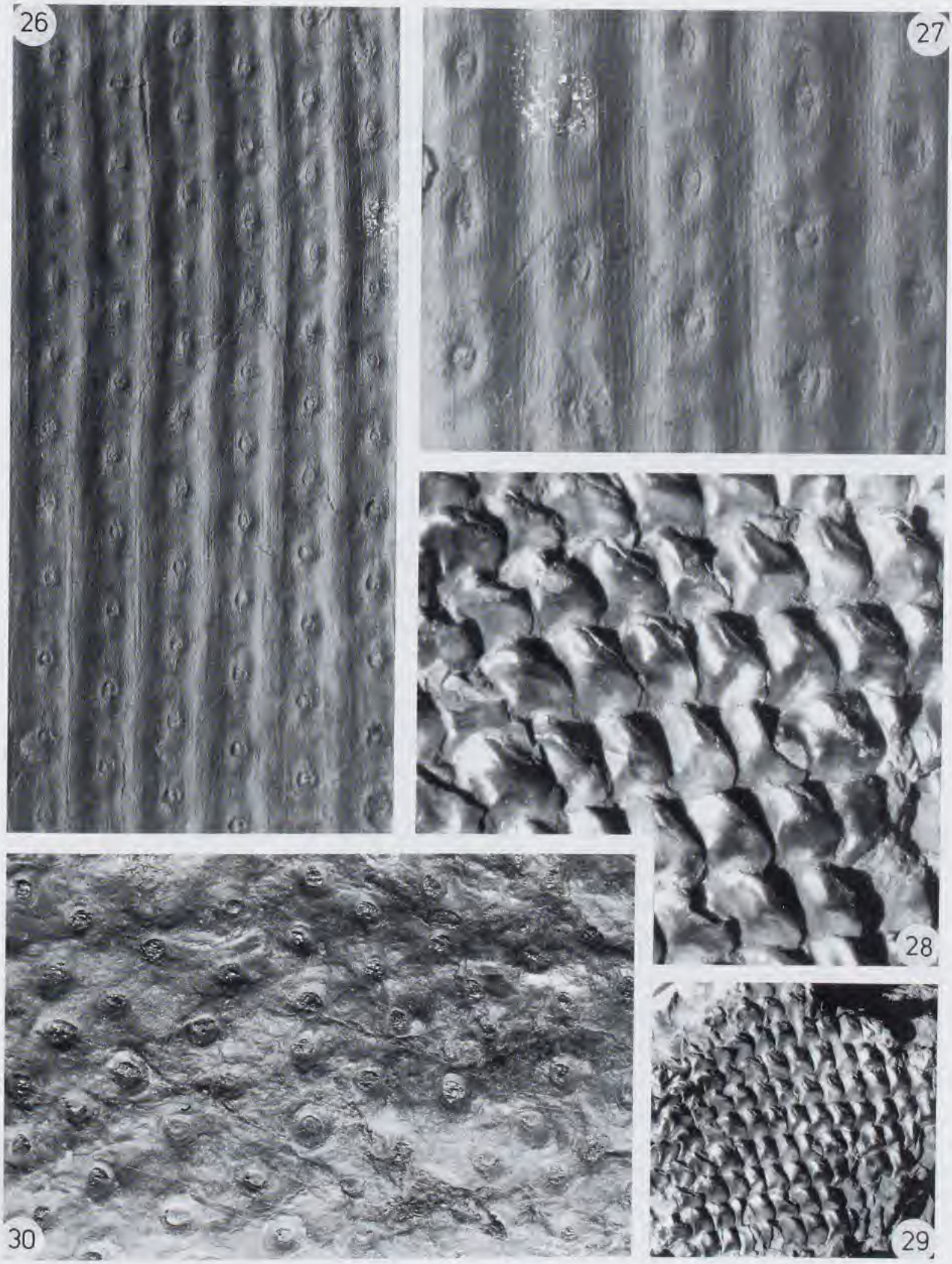


FIG. 26-30. — 26 (× 1), 27 (× 2) : *Syringodendron commune* Vetter n. sp. ; 28 (× 3), 29 (× 1) : *Lepidofloyos anthracinus* Grand'Eury ; 30 (× 1) : *Stigmaria ficoides* (Sternberg) Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Famille des SIGILLARIACEAE

D'une taille un peu inférieure à celle des Lepidodendraceae, les Sigillariaceae présentaient un port assez différent : tronc conique à la base, tiges dressées, généralement simples, portant un unique plumet de feuilles à leur extrémité ; parfois dichotomes avec quelques gros rameaux garnis de feuilles. Tiges et rameaux ornés de coussinets foliaires disposés apparemment en files verticales ; feuilles caduques, longues, aciculaires ; épis fructifères cylindriques, pédicellés.

Les différents organes de ces végétaux, conservés par la fossilisation, ont été classés en plusieurs genres de forme :

— tiges et rameaux lisses ou cannelés : genre *Sigillaria* Brongniart ;

— troncs décortiqués : genre *Syringodendron* Sternberg ;

— épis fructifères : genre *Sigillariostrobus* Schimper ;

— racines : genre *Stigmaria* Brongniart ;

— les feuilles sont généralement désignées sous le nom de « spicules de Sigillaires » regroupées actuellement dans le genre *Cyperites* Lindley et Hutton 1833 avec les feuilles des Lepidodendraceae. GRAND'EURY (1877 : 158), sans donner de diagnose, avait avancé le terme de *Sigillariophyllum* (*nomen nudum*).

Des structures conservées de sigillaires ont été étudiées par BRONGNIART, RENAULT (1896) et plus récemment par LEMOIGNE (1960, 1961).

Genre *SIGILLARIA* Brongniart, 1822

ESPÈCE-TYPE. — ***Sigillaria scutellata*** Brongniart, 1822.

Sigillaria, BRONGNIART, 8, 1822 : 9.
Sigillaria, RENAULT, 2, 1890 : 530.
Sigillaria, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 613.

Le genre *Sigillaria* Brongniart se divise en deux groupes :

1. — *Eusigillaria* : sigillaires à côtes longitudinales où les cicatrices foliaires, portées sur les côtes, sont régulièrement disposées en verticilles avec alternance d'un verticille au suivant. Il en résulte une disposition en files verticales, chaque file étant séparée des voisines par un sillon longitudinal plus ou moins accusé, rectiligne ou flexueux.

2. — *Subsigillaria* : sigillaires à écorce lisse, chagrinée et parcourue par des sillons entrecroisés avec des cicatrices foliaires offrant un relief plus ou moins marqué et sans côtes longitudinales. Les cicatrices foliaires sont généralement hexagonales, parfois arrondies, contiguës chez les formes plus âgées ; dans leur moitié supérieure, elles présentent trois cicatricules.

1. — *EUSIGILLARIA*

Sigillaria elegans (Sternberg, 1825) Brongniart, 1836

Fig. 36

Favularia elegans, STERNBERG, 1, 4, 1825 : 43, pl. 52 (4).
Sigillaria elegans (Sternberg), BRONGNIART, 1, 1836 : 438, pl. 146 (1), pl. 155, pl. 158 (1).
Sigillaria elegans, ZEILLER, 1880 : 134, pl. 174 (1).
Sigillaria elegans, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1867 : 617-620, (418, 419, 421).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8510. Côtes peu accentuées, larges de 4 à 7 mm, s'élargissant à la hauteur du milieu des cicatrices pour se contracter ensuite. Cicatrices foliaires hexagonales à angles supérieurs et inférieurs arrondis, à angles latéraux saillants, larges de 4 à 6 mm, hautes de 3 à 5 mm, contiguës, séparées par un pli transversal très accentué. Cicatricule vasculaire punctiforme

Source : MNHN, Paris

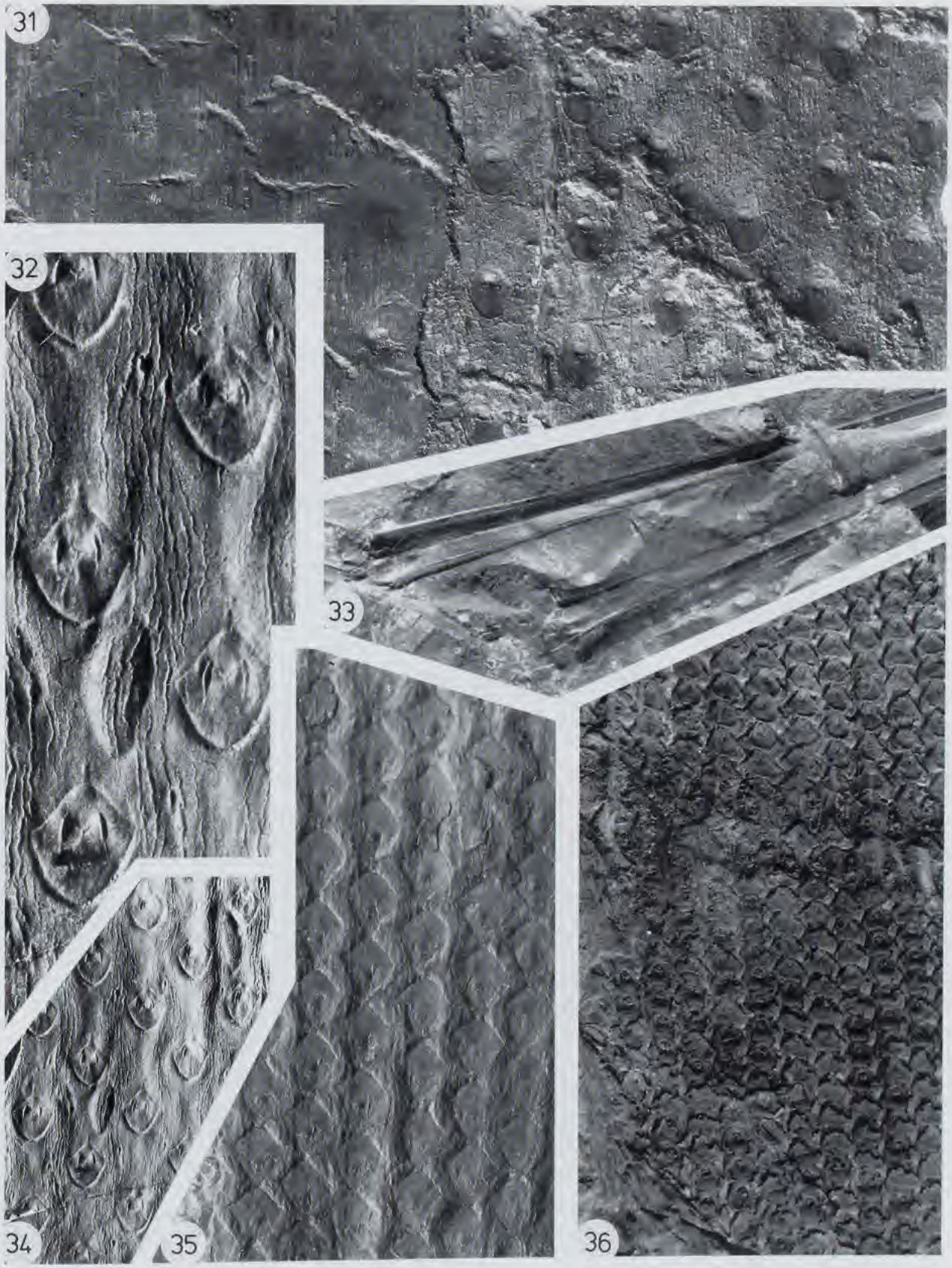


FIG. 31-36. — 31, 34, 35 (× 1), 32 (× 3), : *Sigillaria brardii* Brongniart ; 33 (× 1) : *Lepidophylloides* sp. ; 36 (× 1) : *Sigillaria elegans* (Sternberg) Brongniart.

Source : MNHN, Paris

placée vers le 1/3 ou le 1/4 supérieur de la cicatrice foliaire, flanquée de deux cicatricules courtes, légèrement arquées (d'après ZEILLER, 1880).

À Saint-Étienne, le taxon reste cantonné dans l'assise de Rive de Gier (toit de la 2e Bâtarde, Lorette) où il est fréquent. Il est également cité à Bessèges dans le bassin du Gard.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — En Europe occidentale, cette espèce se rencontre dès le Westphalien inférieur.

Sigillaria rugosa Brongniart, 1828

Sigillaria rugosa, BRONGNIART, 1828 : 64, 171.
Sigillaria rugosa, BRONGNIART, 1, 1836 : 476, pl. 144 (2).
Sigillaria rugosa, ZEILLER, 1880 : 126, pl. 173 (3).

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Sigillaire très polymorphe, cannelée à côtes larges et plates ou renflées. Cicatrices foliaires très distantes, surmontées d'un « plumeau », arrondies à la base, étroites au sommet, légèrement échancrées par la ligule (CORSIN, 1932).

À Saint-Étienne, GRAND'EURY cite une belle empreinte récoltée à Rive de Gier qui ne doit pas correspondre à celle, de qualité médiocre, conservée au Muséum (MNHN 8511), et non reproduite ici.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Pennsylvanien (U.S.A.) et Westphalien d'Europe et d'Amérique.

Sigillaria tessellata Brongniart, 1828

Sigillaria tessellata, BRONGNIART, 1828 : 67, 171.
Sigillaria tessellata, BRONGNIART, 1, 1836 : 436, pl. 156 (1), 162 (1-4).
Sigillaria tessellata, GRAND'EURY, 1877 : 157.
Sigillaria tessellata, ZEILLER, 1880 : 132, pl. 173 (2).

DESCRIPTION SOMMAIRE (d'après ZEILLER). — Côtes peu saillantes, larges de 8 à 10 et quelquefois 14 mm, séparées par des sillons droits ou un peu flexueux, les côtes s'élargissant légèrement à la hauteur du milieu de la cicatrice. Cicatrices foliaires de forme un peu variable, d'ordinaire régulièrement hexagonales, à angles plus ou moins arrondis, larges de 5 à 7 mm, hautes de 4 à 8 mm, presque exactement contiguës, séparées seulement par un pli transversal bien net, plus ou moins étendu, mais qui n'occupe jamais toute la largeur des côtes et ne va pas jusqu'aux sillons. Cicatricule vasculaire punctiforme ou un peu allongée transversalement, placée au-dessus du centre de la cicatrice foliaire et flanquée de deux cicatricules très courtes, légèrement arquées.

Nous n'avons pas retrouvé d'échantillons significatifs de cette espèce dans les collections étudiées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — *Sigillaria tessellata* est citée à Saint-Étienne par GRAND'EURY (1877 : 157) dans l'assise de Rive de Gier et à la mine du Treuil. Elle est également connue à Carmaux et dans le bassin du Gard. Espèce classique du Westphalien d'Europe et d'Amérique.

REMARQUE — GRAND'EURY (1877) cite également la présence à Rive de Gier de *Sigillaria elliptica* Brongniart et de *S. sillimannii* Brongniart mais nous n'avons pas retrouvé d'échantillons pouvant se rapporter à ces deux espèces.

Source : MNHN, Paris

2. — *SUBSIGILLARIA*

Sigillaria brardii Brongniart, 1828
Fig. 31, 32, 34, 35, 37, 38

Sigillaria brardii, BRONGNIART, 1828 : 430, pl. 158 (4).
Sigillaria brardii, GRAND'EURY, 1877 : 154, pl. 14 (3, 3'), pl. C.
« Sigillaria (Catenaria) decora », GRAND'EURY, 1877 : 155.
Sigillaria « brardi », ZEILLER, 1880 : 135-137, pl. 124 (1).
Sigillaria « brardi », LEMOIGNE, 12, 1961 : 473-478.

MATÉRIEL FIGURÉ. — Sigillaire à écorce non munie de côtes, avec une ornementation qui présente des aspects variables suivant la forme et l'espacement des cicatrices foliaires : formes *urceolata* (SEM 26 : fig. 35), *spinulosa* (SEM 22 : fig. 31), *leiodermaria* (SEM 38 : fig. 32, 34). Tige souvent dichotome, portant des verticilles de cicatrices arrondies ulodendroïdes correspondant à l'insertion probable des épis fructifères (*Sigillaria decora* : fig. 37, 38).

La disposition des cicatrices foliaires varie avec l'âge des tiges et des rameaux ; ces variations dans l'ornementation ont été souvent considérées comme des caractères spécifiques et les auteurs anciens ont été tentés d'établir plusieurs espèces là où il n'y a, en fait, qu'une seule et même espèce.

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877) a rapporté à *S. decora*, à *S. grasiana*, à *S. spinulosa* et à sa variété *ottonia* des empreintes voisines de *S. brardii* et que la plupart des auteurs ont confondues par la suite avec cette dernière espèce. Notons cependant que plusieurs échantillons (MNHN 8503, 8504, 8505) correspondent aux espèces citées ci-dessus.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Westphalien supérieur au Permien d'Europe et d'Amérique du Nord. Sans être très abondant, *S. brardii* est présent dans toutes les formations de Saint-Étienne. Il est connu dans tous les bassins houillers du Massif Central. *S. brardii* est un des rares représentants du groupe des Lycophytes qui a perduré jusqu'au Permien.

Sigillaria lepidodendrifolia Brongniart, 1836
Fig. 42, 43, 45

Sigillaria lepidodendrifolia, BRONGNIART, 1836 : 426, pl. 161 (1-3).
Sigillaria lepidodendrifolia, GRAND'EURY,1877 : 154, pl. 14 (3, 3'), pl. C.
Sigillaria lepidodendrifolia, ZEILLER, 1880 : 137.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 1107. Coll. Ad. BRONGNIART.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne. Carrière du Treuil (faisceau de Gruner probable).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 1107 (fig. 42, 43) ; MNHN 8502 (fig.45)

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Cicatrices foliaires rhomboïdales, à angles supérieur et inférieur arrondis, larges de 10 à 12 mm, hautes de 12 à 15 mm, espacées d'environ 25 mm sur une même file verticale. Séries verticales de cicatrices distantes entre elles de 7 à 8 mm. Bord inférieur des cicatrices porté sur un mamelon légèrement saillant, marqué de fortes rides ondulées, parallèles au contour de la cicatrice. Cicatrice vasculaire punctiforme, placée au quart supérieur de la cicatrice foliaire, flanquée de deux cicatricules longues de 2 à 2,5 mm, fortement arquées et se rejoignant presque par leurs extrémités supérieures.

Feuilles linéaires, en gouttière sur leur face supérieure, aiguës, longues de 40 cm et plus (ZEILLER, 1880).

Source : MNHN, Paris

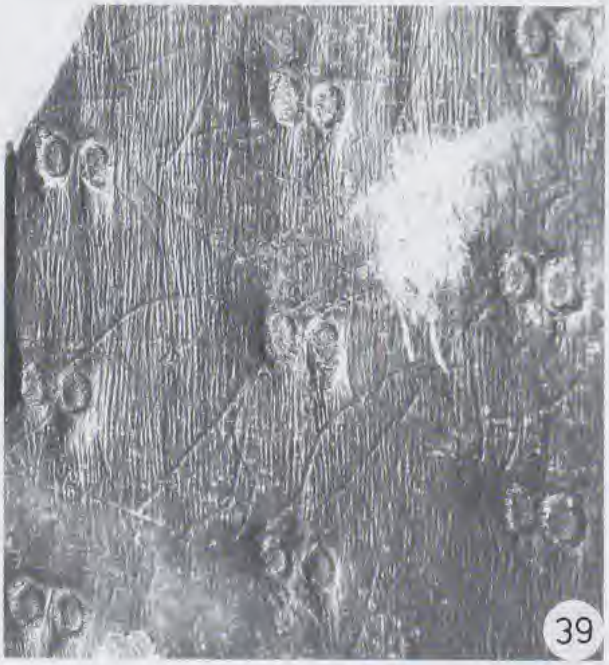


FIG. 37-39. — 37 (× 1), 38 (× 3) : *Sigillaria brardii* Brongniart ; 39 (× 1) : *Syringodendron alternans* Sternberg.

Source : MNHN, Paris

REMARQUE. — Le type, MNHN 1107, a été récolté par Ad. BRONGNIART lui-même à la carrière du Treuil associé à de nombreuses feuilles allongées (fig. 42). Un autre exemplaire (MNHN 8502) montre, plus nettement que sur le type, les rides ondulées des cicatrices foliaires (fig. 45).

FORME VOISINE. — BRONGNIART (1828 : 457, pl. 153/2) crée un *S. cuspidata* avec des « cicatrices discoïdes qui se terminent inférieurement par un angle aigu » et l'estime lui-même proche de *S. lepidodendrifolia*. Il ne semble pas que le type de *S. cuspidata* décrit par BRONGNIART ait été conservé. Plus tard, GRAND'EURY ramènera cette espèce au rang de variété.

GISEMENT. — GRAND'EURY (1877) en présente une reconstitution pl. C et signale sa présence sur de nombreux sites du bassin stéphanois : Montaud, Villars, Treuil, Roche-la-Molière, La Malafolie, c'est-à-dire faisceau de Gruner et probablement aussi faisceau de Beaubrun.

Genre *SYRINGODENDRON* Sternberg, 1820

ESPÈCE-TYPE. — ***Syringodendron organum*** Sternberg, 1820.

Syringodendron, STERNBERG, 1820 : 24, pl. 13, fig. 1.

Il faut bien préciser que les *Syringodendron* ne constituent pas un genre paléobotanique au sens strict du terme. On regroupe sous ce nom des tiges de *Sigillaria* qui ont subi une phase de décortication découvrant des surfaces sous-épidermiques. C'est donc un classement pratique établi d'après l'état de conservation et non d'après des critères de forme et de structure.

STERNBERG a créé le nom de genre en 1820 et RENAULT (1890) fait remarquer que ce genre ne saurait subsister dans une classification botanique pour les raisons exposées ci-dessus. Pour GRAND'EURY (1890 : 240), « les véritables syringodendrons sont la partie des troncs de sigillaires qui s'est développée sans feuilles ni racines, dans l'eau ou dans la vase ».

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Tiges généralement très volumineuses, décortiquées, ou moules sous-corticaux de tiges âgées de sigillaires lisses ou cannelées avec cicatrices simples ou géminées, disposées en files verticales.

Ces cicatrices, parfois très grosses, ont été différemment interprétées par les anciens auteurs : départ de radicelles, débouché d'organes sécréteurs (glandes de tissus gommeux), point d'insertion de feuilles, d'épines ou d'aiguilles. On sait maintenant qu'il s'agit d'organes, les parichnos, sorte de cordons d'aération reliés à l'écorce interne de la tige et aboutissant à un aérenchyme.

Les syringodendrons à cicatrices simples sont dits monostigmés, et diplostigmés lorsqu'ils portent des cicatrices géminées.

Syringodendron alternans Sternberg, 1825

Fig. 39

Syringodendron alternans, STERNBERG, 1, 1825 : 4, pl. 24 et 58 (2).
Syringodendron alternans, RENAULT, 2, 1890 : 547, pl. 63 (2, 3).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL V1.39. Tiges pouvant atteindre de très grandes proportions, cicatrices géminées, ovales, tangentes par leurs bords externes, de dimensions très variables (hauteur pouvant varier de 4 à 20 mm, plus grande largeur de 2 à 15 mm), placées en alternance sur des files verticales parallèles dont l'écartement varie avec la taille de la tige.

S. alternans correspondrait à *Sigillaria brardii* décortiqué (d'après ZEILLER, 1906).

S. alternans est très fréquent dans le bassin de Saint-Étienne. GRAND'EURY (1912-1914) en a relevé de très nombreux individus dans « les forêts fossiles » dégagées par les carrières à remblais. On

Source : MNHN, Paris

remarquera deux beaux échantillons dans l'allée centrale de la Galerie du Muséum national d'Histoire naturelle.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Commun dans tous les bassins stéphaniens.

Syringodendron bioculatum Grand'Eury, 1890

Syringodendron bioculatum, GRAND'EURY, 1890 : 244, pl. 10 (4), 13 (8).

MATÉRIEL DÉCRIT. — MNHN 7418, coll. RENAULT. Saint-Étienne, Puits de la Chazotte. Grosses cicatrices jumelées, contiguës, de 10 à 12 mm de diamètre, disposées en files verticales distantes de 9 cm. Les files sont accidentellement déformées, voire rompues, par un glissement synsédimentaire.

Cet échantillon a été récolté par RENAULT en 1876 au Puits de la Chazotte et offert au Muséum. Le registre des entrées porte *Syringodendron amygdaliforme*, puis *Syringodendron « brongniarti »* qui figure encore sur le socle de cette pièce. Mais ni l'un ni l'autre de ces deux noms d'espèce n'a été confirmé — à notre connaissance — par une publication qui, pour être valable, aurait dû être antérieure à 1890.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien. *S. bioculatum* est connu dans les bassins du Gard et de Commentry (GRAND'EURY, 1890) ainsi que dans celui de Decazeville (VETTER, 1968).

Syringodendron commune Vetter, n. sp.

Fig. 26, 27

MATÉRIEL-TYPE FIGURÉ. — SEM 23 (BL 10.2) (20 × 28 cm). Saint-Étienne. L'échantillon (coll. BERTRAND) provient de Combes sans autre précision. Il s'agit soit du puits Combes, au sud de Roche-la-Molière, soit du puits des Combes, entre le Moncel et la Croix de l'Orme.

DIAGNOSE (P. VETTER). — Sigillaire cannelée à côtes verticales dont les cicatrices foliaires sont tombées avec l'écorce. Côtes assez plates, larges de 10 mm, séparées par un sillon peu profond, large de 3 à 5 mm, portant de petites cicatrices, rondes en général, et distantes de 13 à 15 mm. Chaque cicatrice forme un léger relief au milieu d'une faible dépression de la côte. Une très mince pellicule charbonneuse couvre l'ensemble.

REMARQUE. — Cette forme de *Syringodendron* se rencontre fréquemment dans tous les bassins houillers du Massif Central. Un échantillon presque identique, noté *Syringodendron* sp., a été figuré dans la flore de Decazeville (VETTER, 1968 : 31, pl. 5/6).

Derivatio nominis : *communis*, *e* ; commun, parce que assez répandu dans le Stéphanien.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Massif Central français).

Syringodendron fenestratum Vetter, n. sp.

Fig. 40

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 4191, coll. VIRLET (20 × 20 cm). Holotype.

LOCALITÉ-TYPE. — Méons, dans l'horizon 8^{e} à 12^{e} Gruner.

Source : MNHN, Paris

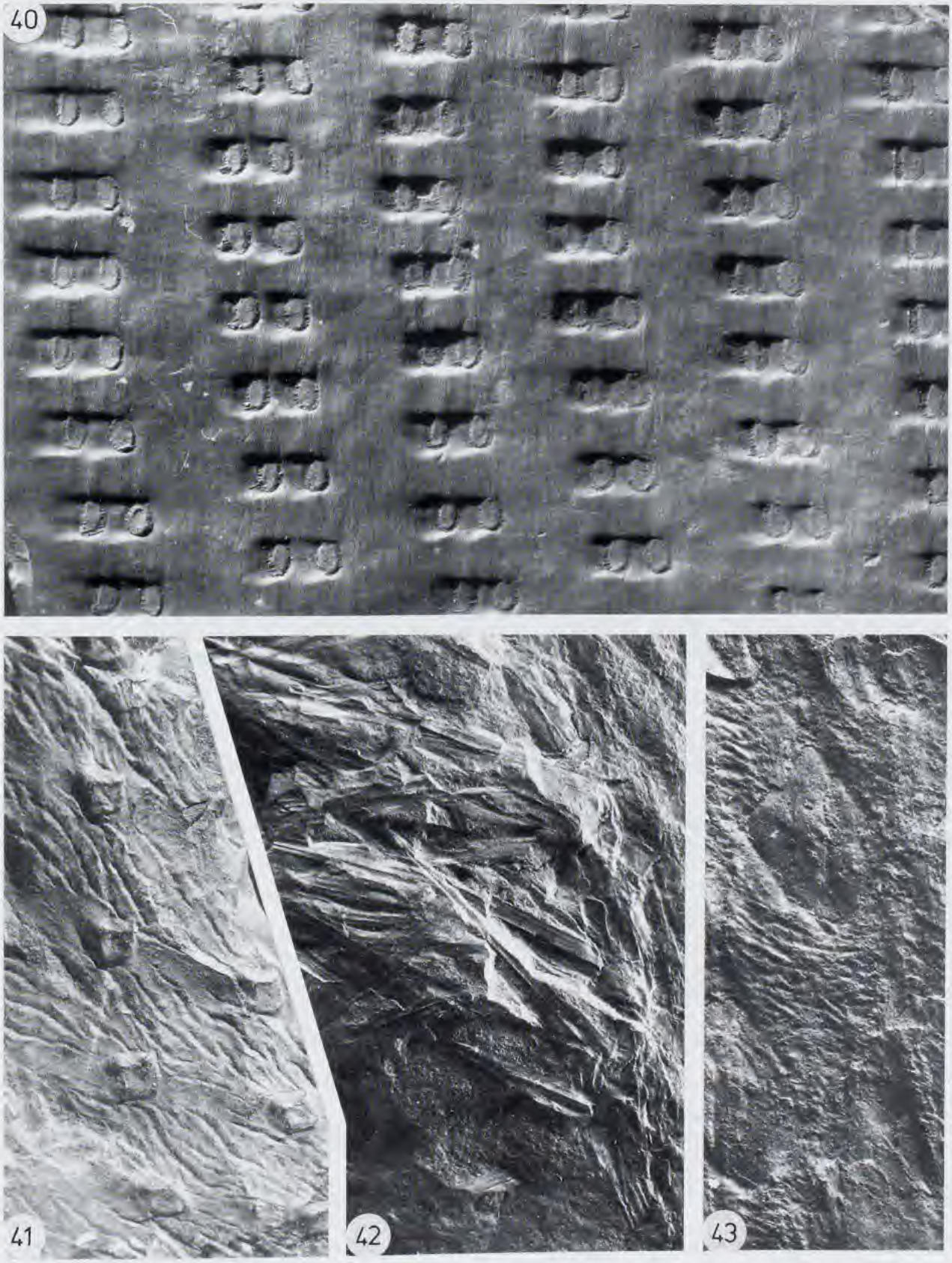


FIG. 40-43. — 40 (× 1) : *Syringodendron fenestratum* Vetter n. sp. ; 41 (× 1) : *Asolanus camptotaenia* Wood ; 42 (× 1), 43 (× 3) : *Sigillaria lepidodendrifolia* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

DIAGNOSE (P. VETTER). — Cicatrices géminées, à contour elliptique, hautes de 6 à 8 mm, larges de 3 à 5 mm, disposées en files verticales distantes de 12 à 15 mm, en alternance d'une file à l'autre. Chaque duo de cicatrices est logé dans un compartiment rectangulaire nettement délimité (hauteur 6 à 8 mm, largeur 15 à 18 mm) en dépression dans l'écorce, ce qui confère à l'ensemble de l'échantillon une allure géométrique très caractéristique.

Chaque duo est distant de 5 à 6 mm du duo qui lui est immédiatement supérieur. Fines stries verticales régulières entre les files.

Derivatio nominis : *fenestratus, a, um* ; qui a des fenêtres ; allusion à la disposition géométrique des dépression rectangulaires.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Syringodendron valde-flexuosum Grand'Eury, 1877
Fig. 44

Syringodendron « valde flexuosum », GRAND'EURY, 1877 : 166.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 10142 (30 × 40 cm). Lectotype.

LOCALITÉ-TYPE. — Firminy (La Malafolie).

DIAGNOSE. — Cicatrices simples, non géminées, disposées apparemment en files verticales, distantes de 25 mm sur la même file ; l'écart entre les files verticales est de 18 à 20 mm ; nombreuses stries groupées en faisceaux accompagnant les files verticales. Les stries intérieures joignent une cicatrice donnée à celle qui lui est immédiatement inférieure en dessinant des ovales ; par contre, les stries externes s'incurvent légèrement au niveau de chaque cicatrice.

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877 : 166) a donné une description sommaire de cette espèce et ne l'a pas figurée : « on trouve des Syringodendron diplostigmés avec sillons flexueux interrompus et rejetés au niveau des cicatrices d'une manière très remarquable ». D'après les lieux cités, *S. valde-flexuosum* doit se rencontrer principalement dans le faisceau de Gruner. L'échantillon MNHN 8259 provient également du bassin de Saint-Étienne.

FORMES VOISINES. — GRAND'EURY cite encore :

— *Syringodendron cyclostygma* Brongniart, connu à Rive de Gier,
— *Syringodendron pachyderma* Brongniart,
— *Syringodendron « brongniarti »* Geinitz,
— *Syringodendron « magis minusve distans »* Geinitz.

Genre *ASOLANUS* Wood, 1860

ESPÈCE-TYPE. — ***Asolanus camptotaenia*** Wood, 1860.

Asolanus, WOOD, 12, 1860 : 237.
Pseudosigillaria, GRAND'EURY, 1877 : 142-143.
Asolanus, ZEILLER, 1906 : 155.
Asolanus, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 641-642.

Tiges portant des cicatrices foliaires qui ne sont pas rangées en séries verticales nettes ; cicatricule annulaire très fine, accompagnée à son intérieur d'une ou deux cicatricules punctiformes mais peu discernables. Cicatrices sous-corticales simples, linéaires et non géminées. Écorce dépourvue

Source : MNHN, Paris

de côtes, mais sillonnée de rides flexueuses, réunies en faisceau et dirigées de chaque cicatrice vers les cicatrices les plus voisines. (d'après ZEILLER, 1906).

Pour CHALONER et BOUREAU, le genre *Asolanus* est monotypique avec une seule espèce : *Asolanus camptotaenia* Wood ; il faudrait y ajouter *Asolanus* sp. 1 décrit à Decazeville (VETTER, 2, 1968 : 24, pl. 7, fig. 2).

OBSERVATIONS. — À Saint-Étienne, GRAND'EURY avait réservé le genre *Pseudosigillaria* pour y regrouper les formes de sigillaires dont les tiges présentent des coussinets foliaires décurrents, ce qui les rendent proches des lépidodendrons. Il avait signalé trois espèces assez répandues dans toute la série de Saint-Étienne et à Rive de Gier : *Pseudosigillaria protea* Grand'Eury, *Pseudosigillaria monostigma* Lesquereux et *Pseudosigillaria striata* Brongniart.

Le genre *Pseudosigillaria* tombe à présent en synonymie avec le genre *Asolanus* et l'espèce *monostigma* avec l'espèce-type *camptotaenia*. Le seul échantillon parvenu jusqu'à nous sous le nom de *Pseudosigillaria monostigma* (MNHN 8509) doit donc être maintenant désigné sous le nom d'*Asolanus camptotaenia* Wood. Il est dans un état défectueux de conservation et ne peut être reproduit dans cet ouvrage.

Deux autres échantillons de petites dimensions récoltés plus récemment sur des exploitations à ciel ouvert et conservés au Lycée Fauriel correspondent en partie à la définition du genre et sont à classer, avec quelque réserve, dans le genre *Asolanus*.

Asolanus cf. *camptotaenia* Wood, 1860
Fig. 41

Asolanus camptotaenia, WOOD, 1860 : 238, pl. 4 (1).
Asolanus camptotaenia, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2 : 642.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL V1. 20 (7 × 15 cm). Assise des couches de Saint-Étienne. Portion de tige ; cicatrices d'insertion des feuilles en légère dépression, à section losangique, avec une cicatricule visible. Rides flexueuses assez fortes et denses.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère supérieur des U.S.A. et d'Europe.

Asolanus sp. 1
Fig. 48

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL V1. 10. Assise des couches de Saint-Étienne. Fragment de tige : cicatrices ovoïdes, avec cicatricules à l'apex, probablement disposées en spirale ; rides flexueuses assez denses et fines, arrangement losangique.

REMARQUE. — Cet échantillon, apparemment très différent de l'échantillon précédent, représente sans doute un état sous-cortical plus profond.

ORGANES FOLIAIRES DES LÉPIDOPHYTALES

Les feuilles végétatives des Lépidophytales se rencontrent fréquemment dans les formations houillères. Par commodité, dans la pratique, on les désigne souvent sous le nom de « spicules de sigillaires », terme général qui n'implique pas nécessairement leur appartenance aux Sigillaria-

Source : MNHN, Paris

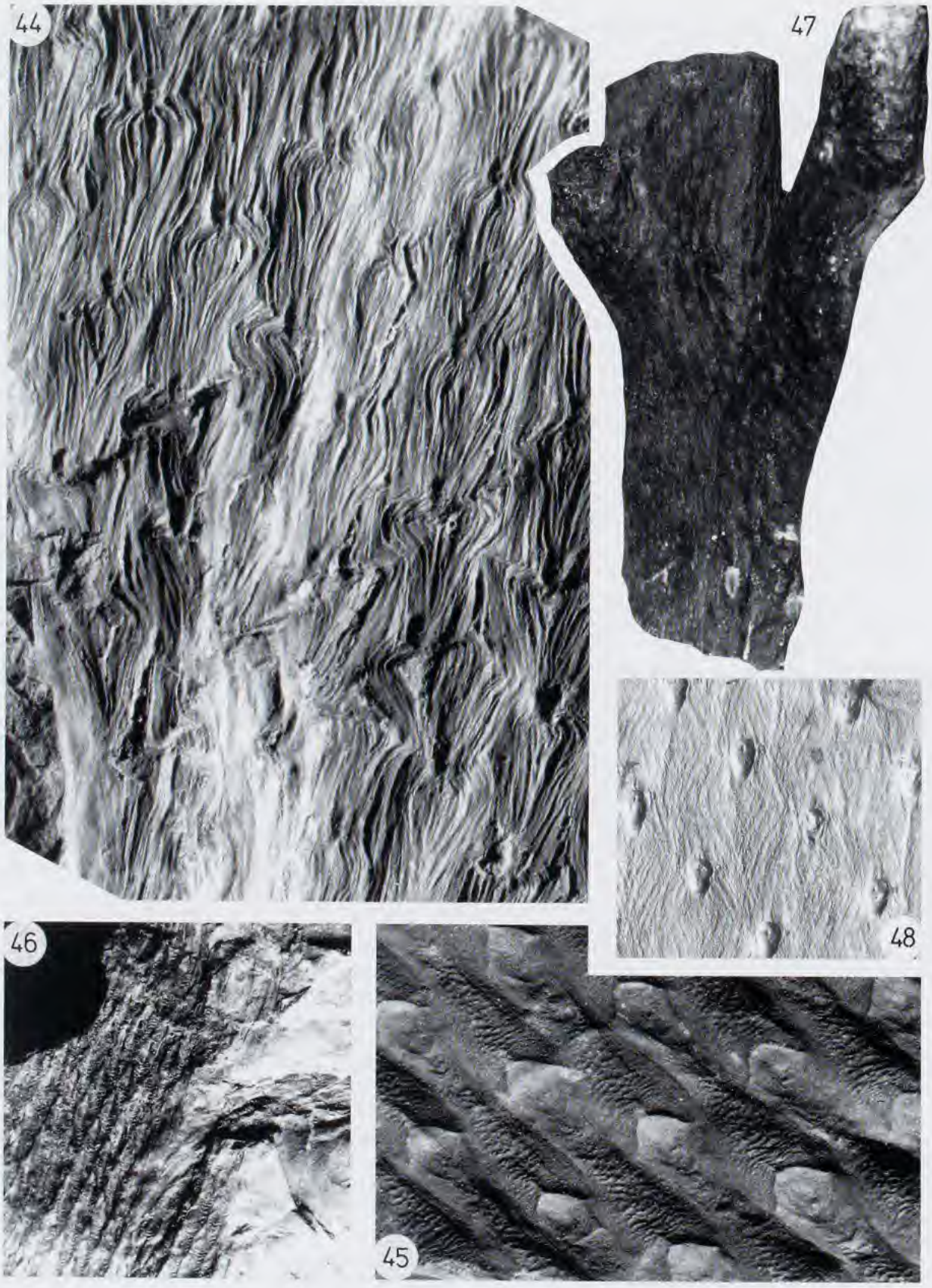


FIG. 44-48. — 44 (× 1) : *Syringodendron valdeflexuosum* Grand'Eury ; 45 (× 1) : *Sigillaria lepidodendrifolia* Brongniart ; 46 (× 1) : *Lepidodendron jarense* Grand'Eury ; 47 (× 0,5) : *Stigmariopsis inaequalis* Grand'Eury ; 48 (× 1) : *Asolanus* sp.

Source : MNHN, Paris

ceae. CHALONER & BOUREAU (1967 : 667-673) ont précisé l'état actuel des connaissances dans ce domaine.

— Le nom de genre *Lepidophyllum* Brongniart, 1828 doit être abandonné (*nom. rej.*) pour désigner les feuilles de Lépidophytes parce qu'il est valablement employé par CASSINI en 1816 pour une plante à fleurs.

— Le genre *Lepidophylloides* créé par SNIGIREVSKAYA en 1958 comprend à la fois des espèces minéralisées (présentant, en coupe, un seul faisceau vasculaire) et des espèces en compression.

— Le genre *Sigillariopsis* Scott (1904) *non* Renault, 1879 comprend uniquement des espèces minéralisées (avec en coupe, un double faisceau vasculaire).

— Le genre *Cyperites* Lindley et Hutton, 1833 regroupe principalement des feuilles végétatives en compression de sigillaires et très probablement aussi de lépidodendrons.

Genre *CYPERITES* Lindley & Hutton, 1833

ESPÈCE-TYPE. — ***Cyperites bicarinata*** Lindley et Hutton, 1833.

Cyperites, LINDLEY & HUTTON,1833 : 123

Cyperites bicarinata Lindley & Hutton 1833
Fig. 11

Cyperites bicarinata, LINDLEY & HUTTON, 1833 : 123, pl. 43 (1-2).

MATÉRIEL FIGURÉ — SEM 29 (18 × 25 cm). Horizon 7^{e} faisceau de Gruner. Feuilles rigides, étroites et allongées, pouvant atteindre 40 cm de longueur pour 3 à 4 cm de largeur, carénées, avec une forte nervure centrale, apex aigu.

L'extrémité inférieure de la feuille doit présenter une trace d'insertion dont l'empreinte est la réplique des coussinets foliaires de l'écorce des tiges.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Commun dans toute la série de Saint-Étienne et dans tout le Carbonifère supérieur d'Europe et d'Amérique du Nord.

Genre LEPIDOPHYLLOIDES Snigirevskaya, 1958

ESPÈCE-TYPE. — ***Lepidophylloides aciculum*** (Reed) Snigirevskaya, 1958.

Lepidophylloides, SNIGIREVSKAYA, 1958 : 108, pl. 1, fig. 1-5.

Cf. ***Lepidophylloides*** sp.
Fig. 33

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8514. Saint-Étienne s. l. Échantillon incomplet : partie inférieure de deux feuilles allongées, mesurant au moins 15 cm de long, étroites, de largeur décroissante vers l'extrémité (11 à 18 mm à la base) en gouttière avec forte nervure centrale et de chaque côté, deux fines nervures parallèles. Trace d'insertion bien visible à la base de la spicule B.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Fréquent dans tous les bassins houillers du Carbonifère supérieur.

Source : MNHN, Paris

Organes souterrains des Lépidophytales

Nombre d'auteurs ont cherché à définir la systématique des organes souterrains fossilisés et à les rapporter à des genres déjà identifiés par leurs tiges aériennes, tels que *Lepidodendron*, *Lepidofloyos*, *Sigillaria*, *Syringodendron*.

Ce problème est difficile à résoudre et n'a pas encore reçu de solution entièrement satisfaisante, en partie parce qu'il y a rarement des connexions visibles entre les tiges aériennes et souches en place. D'autre part, les organes souterrains fossilisés sont très abondants, enchevêtrés et souvent difficiles à observer. On se reportera aux travaux de Renault (1896) et de Grand'Eury, notamment ceux de 1912-1914, pour juger de la complexité de cette question.

Deux genres, *Stigmaria* et *Stigmariopsis* regroupent donc tous les organes souterrains (rhizophores) assurant au moins la fonction « fixation » des Lépidophytales (et probablement aussi des fonctions de croissance et de dissémination) ; mais les frontières entre ces deux genres ne sont pas nettement arrêtées.

Genre Stigmaria Brongniart, 1822

Espèce-type. — ***Stigmaria ficoides*** Brongniart, 1822.

Variolaria, Sternberg, 1820, *nom. rej.*
Stigmaria, Brongniart, 8, 1822 : 288, pl. 12 (7).
Stigmaria, Zeiller, 1880 : 139.
Stigmaria, Zeiller, 2, 1890 : 549.
Racines de Sigillaires, Renault, 4, 2, 1896 : 226.
Sols de végétation des Stigmarias, Grand'Eury, 1912-14 : 58, pl. 10.

Rameaux cylindriques dirigés horizontalement, divisés par bifurcation, marqués de cicatrices rondes ou ovales à bord saillant, disposées en quinconce et munies au centre d'une cicatrice punctiforme placée au sommet d'un léger mamelon. Ces cicatrices correspondent à l'insertion d'organes appendiculaires charnus, de forme cylindrique, contractés à la base, s'effilant vers leur extrémité, généralement simples, rarement bifurqués, parcourus par un faisceau vasculaire axile (Zeiller, 1880).

Observations

— Pour la plupart des auteurs, les *Stigmaria* présentent toujours quatre branches qui divergent à partir de la base de la tige à laquelle elles sont reliées. Chaque branche se divise ensuite par dichotomies successives.
— La diagnose donnée par Renault en 1890 semble recouvrir à la fois le genre *Stigmaria* et le genre *Stigmariopsis*.
— Dans « Recherches Géobotaniques » (1912-1914), Grand'Eury a rassemblé un nombre considérable d'observations sur le mode de gisement des *Stigmaria*, leurs conditions probables de vie et leur évolution phylogénétique. Une révision sérieuse du genre *Stigmaria* devra obligatoirement passer par une analyse approfondie des derniers travaux de Grand'Eury.

Stigmaria ficoides Brongniart, 1822

Fig. 30

Stigmaria ficoides, Brongniart, 1822 : pl. 1 (7).
Stigmaria ficoides, Renault, 1890 : 552, pl. 61 (7), 62 (1-4).

Matériel figuré. — SEM 23 (BL 61.58). Rive de Gier. Rhizomes épais, diamètre 10 à 15 cm, quelquefois dichotomes, allongés horizontalement. Cicatrices rondes, de 5 à 7 mm de diamètre,

Source : MNHN, Paris

espacées de 15 à 20 mm, disposées en spirales régulières. « Appendices stigmariens » ou radicelles longs de 20 à 25 cm d'après RENAULT (1890).

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877) cite deux variétés de *Stigmaria ficoides* :

a) la variété *vulgaris*, à surface lisse avec grosses cicatrices et branches allongées sur plusieurs mètres ; très commune dans tous les gisements du bassin de Saint-Étienne ;

b) la variété *minor*, cantonnée dans l'assise de Rive de Gier, avec des cicatrices plus petites et des bifurcations plus fréquentes.

AUTRES *Stigmaria*

Deux autres espèces de *Stigmaria* sont décrites par GRAND'EURY sans être représentées dans les collections que nous avons revues :

— *Stigmaria attenuata* Grand'Eury récoltée uniquement, semble-t-il dans l'assise de Rive de Gier ; caractérisée par des branches minces, effilées, très régulièrement ramifiées, à radicules dichotomes (1877 : 171, pl. C),

— *Stigmaria major* Grand'Eury découverte d'abord dans le bassin du Gard (1890 : 237) puis à Saint-Étienne (1912-1914 : 60-66, pl. 10/4 ; pl. 11/6) : branches peu ramifiées de diamètre plus fort (de 0,15 à 0,20 mm) et cicatrices plus grandes et très nettes.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Très commun dans tous les bassins houillers.

Genre STIGMARIOPSIS Grand'Eury, 1877

ESPÈCE-TYPE. — *Stigmariopis inæqualis* Grand'Eury, 1877.

Stigmariopsis, GRAND'EURY, 1877 : 171.
Stigmariopsis, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 681.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Branches souterraines très inégales, plongeantes, très fortes mais rapidement décroissantes et courtes, cicatrices rondes en forme de verrues, radicules simples, courtes, minces et très obliques.

Certains auteurs affirment qu'un certain nombre d'espèces de *Subsigillaria* ont des *Stigmariopsis* pour rhizophores.

Stigmariopsis inæqualis Grand'Eury, 1877
Fig. 47

Stigmariopsis inæqualis, GRAND'EURY, 1877 : 173, tabl. C.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 10073. Saint-Étienne. Axes de diamètre très inégal, de 5 à 30 cm, d'abord plongeants, puis s'étalant vite par l'effet d'une ramification irrégulière ; surfaces finement ridées avec cicatrices espacées et effacées vers le collet.

D'après GRAND'EURY, ce *Stigmariopsis* est abondant à Saint-Étienne, mais peu fréquent à Rive de Gier.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne.

Source : MNHN, Paris

Stigmariopsis ripageriensis Grand'Eury, 1913
Fig. 49, 50

Stigmariopsis ripageriensis, GRAND'EURY, 1913 : 65, pl. 11, fig. 5, 5 bis, 5A, 5B.

Matériel non retrouvé.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Souche à divisions très nombreuses ; branches radicantes de 5 à 10 cm de diamètre, ramifiées très irrégulièrement, ayant tendance à s'enfoncer plutôt qu'à s'étaler. Écorce épaisse de 3 à 5 mm ; branches radicantes portant des appendices rigides, un peu décurrents, étroits, linéaires, aux extrémités effilées.

GRAND'EURY signale que ce type de *Stigmariopsis* abonde à la Catonière (assise de Rive de Gier) au mur de la couche Bâtarde et précise que le sommet des souches est arasé et recouvert directement par la couche de charbon.

Les figures 49 et 50 sont des reproductions des figures 5, 5 bis, 5A et 5B dessinées de la main de l'auteur (GRAND'EURY, 1912-14, pl 11). On remarquera que les branches radicantes horizontales, notées **Sm** et attribuées à *Stigmaria minor* par GRAND'EURY, se détachent d'une forte branche souterraine verticale de *Stigmariopsis ripageriensis*. Ce simple exemple illustre la complexité des organes souterrains des Lepidodendrales et les difficultés qu'il y a pour les classifier.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien inférieur, Bassin de Saint-Etienne.

AUTRES FORMES ATTRIBUÉES À *STIGMARIOPSIS*

GRAND'EURY (1877) cite encore :

— ***Stigmariopsis abbreviata*** (Goldenberg) Grand'Eury formant des souches plus irrégulières avec des extrémités arrondies et des racines courtes (connu dans le faisceau de Gruner) ;
— ***Stigmariopsis tenuis*** Grand'Eury, à branches minces et longues avec de très petites cicatrices rondes donnant attache à de fines et longues radicules simples ressemblant à des feuilles linéaires (connu dans l'assise de Rive de Gier).

ORGANES REPRODUCTEURS DES LÉPIDOPHYTALES

FAMILLE DES LEPIDOCARPACEAE

GENRE *LEPIDOCARPON* Scott, 1901

ESPÈCE-TYPE. — ***Lepidocarpon lomaxii*** Scott, 1901.

Lepidocarpon, SCOTT, 1901 : 326.
Lepidocarpon, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 597.

Genre comprenant des cônes mégasporangiés et des mégasporophylles isolées ayant la même organisation générale que les *Lepidostrobus*. Toutefois, le mégasporange ne comprend qu'une seule tétrade de spores ; l'une des spores développe une seule grande mégaspore fertile alors que les trois autres spores avorteront.

Source : MNHN, Paris

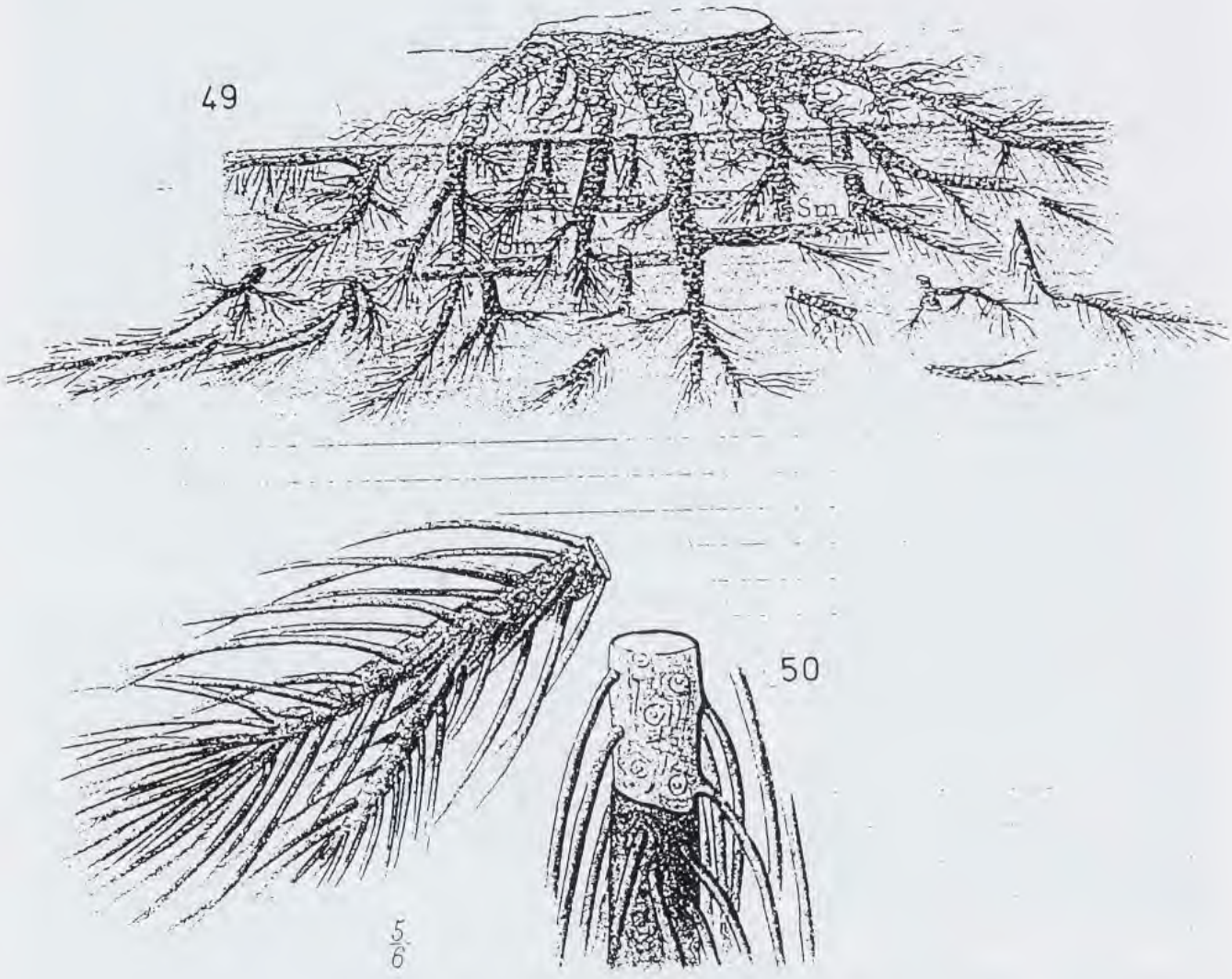


FIG. 49- 50. — *Stigmariopsis ripageriensis* Grand'Eury.

Lepidocarpon majus (Brongniart) Hemingway, 1941
Fig. 12

Lepidophyllum majus, BRONGNIART, 1828 : 87.
Lepidocarpon « major » (Brongniart), HEMINGWAY *in* SCHOPF, 1949, 3, 73 : 550.
Lepidocarpon « major », CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 605, fig. 4.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8493. Saint-Étienne, s. l. Grandes sporophylles isolées à limbe lancéolé, uninervé (longueur : 10 cm, largeur : 1,5 cm). La partie basale, sporangifère mesure 2 cm de longueur sur 1 cm de largeur.

OBSERVATIONS

— CHALONER et BOUREAU pensent que *L. majus* pouvait être porté par une tige de la forme *Lepidofloyos laricinus*.

Source : MNHN, Paris

— Au Muséum, un seul échantillon provenant du houiller de Saint-Étienne (MNHN 8493) est rapporté à cette espèce.
— Le genre *Lepidostrobophyllum* (Hirmer) Allen regroupe les sporophylles isolées avec ou sans sporange attaché. En fait, ce genre devrait seulement désigner les sporophylles qui contiennent plusieurs mégaspores normalement développées, ce qui le distingue du genre *Lepidocarpon* (une seule mégaspore fortement développée). Il se peut donc, si on ignore cette distinction, que des sporophylles aient pu être rattachées improprement soit au genre *Lepidostrobophyllum*, soit au genre *Lepidocarpon*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère supérieur d'Europe et d'Amérique du Nord.

Genre *LEPIDOSTROBUS* Brongniart, 1828

ESPÈCE-TYPE. — ***Lepidostrobus ornatus*** Brongniart, 1828.

Lepidostrobus, BRONGNIART, 1828 : 87.
Lepidostrobus, RENAULT, 1890 : 523.
Lepidostrobus, CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 577.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Épis cylindriques de taille variable, oblongs, composés au centre d'un axe ligneux portant un nombre considérable de bractées disposées en spirale. Les bractées sont formées de deux parties distinctes, l'une horizontale cylindrique munie d'une crête saillante médiane sur laquelle repose le sac sporifère ; l'autre plus ou moins brusquement relevée, limbaire, appliquée étroitement contre l'épi, de forme variable, tantôt arrondie, tantôt aiguë à son extrémité (RENAULT, 1890).

Lepidostrobus brongniartii Goeppert, 1848

Fig. 51-53

Lepidostrobus « brongniarti », GOEPPERT *in* BERGER, 1848 : 22, pl. 3 (39, 40).
Lepidostrobus « brongniarti », CHALONER & BOUREAU *in* BOUREAU, 2, 1967 : 589.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN 4117 (17 × 19 cm), coll. BRONGNIART. Échantillon représentant une dizaine d'épis fructifères étroits et allongés : longueur 7 à 12 cm et plus car la plupart des épis sont tronqués à la base et au sommet ; largeur 0,5 à 1 cm ; sporophylles à disposition spiralée. Parmi les sporophylles isolées, détachées des épis, on distingue deux formes :

— sporophylle courte, longueur 10 à 15 mm,
— sporophylle apparemment étroite et aciculaire, longueur 20 mm, pouvant porter une macrospore à la base.

OBSERVATIONS

— Cet échantillon MNHN 4117 a été recueilli par VÉRY en août 1844 au toit de la 8^{e} couche du Treuil (c'est-à-dire la 3^{e} Beaubrun dans la nomenclature actuelle). Il porte une détermination manuscrite : *Lepidodendron fastigiatum* due très certainement à BRONGNIART.
— Cette dernière espèce a été mentionnée par plusieurs auteurs (BRONGNIART, 1828 : II, 47 ; GRAND'EURY, 1877 : 415), mais n'a jamais été ni décrite, ni figurée.
D'après JONGMANS, 1929 (Foss. cat., 15 : 423), il s'agirait d'un *nomen nudum*.
— Un autre échantillon de *L. brongniartii*, MNHN 8494, provenant de Saint-Étienne *s. l.*, a été recensé au cours de notre révision.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère et Permien (?) d'Europe.

Source : MNHN, Paris

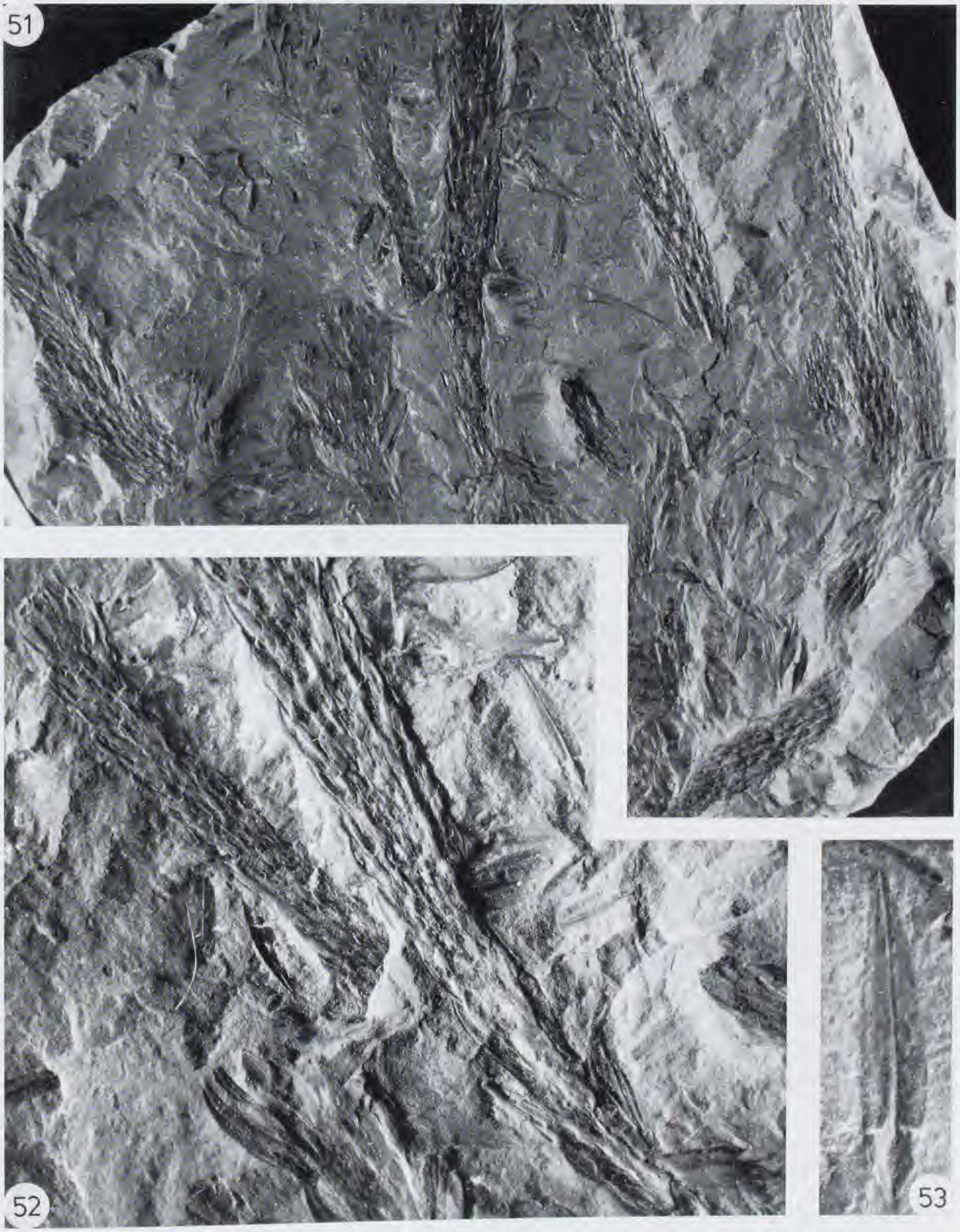


FIG. 51-53. — 51 (× 1), 52 (× 2), 53 (× 5) : *Lepidostrobus brongniartii* Goeppert.

Source : MNHN, Paris

Genre *Sigillariostrobus* (Schimper, 1870) Feistmantel 1876 *non* Geinitz, 1873

ESPÈCE-TYPE. — ***Sigillariostrobus goldenbergii*** Schimper, 1870.

Sigillariaestrobus, SCHIMPER, 1870 : 105.
Sigillariostrobus, FEISTMANTEL, 1876, 23 : 223 — 316.
Sigillariostrobus, GEINITZ, 1873 (pour *S. bifidus* = *Gomphostrobus*)

Sigillariostrobus goldenbergii (Feistmantel) Zeiller, 1884

Sigillariaestrobus goldenbergi, SCHIMPER, 1870 : 105, pl. 67, fig. 13-24.
Sigillariostrobus goldenbergii, FEISTMANTEL, 1876
Sigillariostrobus goldenbergii, ZEILLER, 1884, (6) 19 : 269, pl. 12 (3, 6, 6a)

Cône pédonculé portant des feuilles en écaille disposées en séries verticales ; pédoncule long et étroit permettant de supposer que les cônes étaient pendants ; sporophylles disposés en verticilles, à base cochléiforme ; axe du cône représentant au moins le quart du diamètre. Il est probable que les cônes se développaient par groupe sur certaines zones du tronc des Sigillaires, donc latéralement et non pas au sommet du tronc (CHALONER & BOUREAU, 1967).

GRAND'EURY (1877 : 159-161, pl. 14, fig. 4, 5) cite encore ***Sigillariostrobus fastigiatus*** Goeppert en relation de gisement avec *Sigillaria brardii*. De plus, il décrit et figure deux espèces nouvelles :

— ***Sigillariostrobus rugosus*** qu'il considère comme cône de *Sigillaria lepidodendrifolia*,
— ***Sigillariostrobus mirandus*** « épis grêles d'un type nouveau ».

Nous n'avons retrouvé ni les échantillons-types décrits par GRAND'EURY ni d'échantillons pouvant correspondre aux descriptions données. Signalons que ces trois espèces de *Sigillariostrobus* sont également citées par GRAND'EURY dans la flore du bassin du Gard.

EMBRANCHEMENT DES SPHENOPHYTA

CLASSE DES SPHENOPHYLLOPSIDA

ORDRE DES SPHÉNOPHYLLALES

TIGES ET ORGANES FOLIAIRES

Genre *Sphenophyllum* Brongniart, 1828, *nom. cons.*

ESPÈCE-TYPE. — ***Sphenophyllum emarginatum*** (Brongniart, 1822) Brongniart, 1828.

Sphenophyllites, BRONGNIART, 1822, 234.
Sphenophyllum, BRONGNIART, 1828 : 68.
Sphenophyllum, KOENIG, 1825 : pl. 12, fig. 149

Sphenophyllum angustifolium (Germar) Goeppert, 1848

Fig. 54

Sphenophyllites angustifolium, GERMAR, 1845 : 18-19, pl. 7, fig. 4-8.
Sphenophyllum angustifolium (Germar), GOEPPERT *in* BRONN, 1848 : 1166.
Sphenophyllum angustifolium, STORCH, 1980 : 188-190, pl. 12 (1-6).

Source : MNHN, Paris

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 52a. Mur de la 3e Beaubrun (sommet de l'assise de Gruner). La forme des feuilles varie en fonction de la position des verticilles sur l'axe de sorte que la marge distale peut compter de 2 à 6 dents, mais à la suite de STORCH (1966), nous considérons que seuls les spécimens à feuilles longues et étroites doivent être attribués à *S. angustifolium* ; *S. tenuifolium* Fontaine et White serait synonyme.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère supérieur et Permien de France, d'Espagne, d'Allemagne, d'Europe centrale ; Pennsylvanien des U.S.A. ; Stéphano-permien de Chine.

Sphenophyllum cf. ***emarginatum*** Brongniart, 1822 emend. Storch, 1966
Fig. 55, 56

Sphenophyllites emarginatus, BRONGNIART, 1822 : 34, pl. 2 (8).
Sphenophyllum emarginatum (Brongniart), BRONGNIART, 1828 : 68, 172.
Sphenophyllum emarginatum, STORCH, 1966 : 277-287.
Sphenophyllum emarginatum, DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIS, 1984, pl. 1, fig. 2.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 65. Saint-Étienne, s. l. L'étude très détaillée de BATENBURG (1977) met en relief l'hétérophyllie accentuée de la plante dont les tiges, rampantes ou grimpantes, se seraient accrochées les unes aux autres de manière à former une végétation plutôt basse, sans doute assez uniforme. Pour cet auteur, *S. emarginatum* est proche de *Rotularia marsiliæfolia* Sternberg (= *Palmacites verticillatus* Schloth.).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C et D, Stéphanien : Europe, Bassin du Don, Héraclée ; Stéphano-permien de Chine, de Corée ; Sumatra ; Pennsylvanien : Canada, U.S.A.

Sphenophyllum longifolium (Germar) Gutbier, 1843
Fig. 57

Sphenophyllites longifolius, GERMAR, 1837 : 426-427, pl. 2 (2a, b).
Sphenophyllum longifolium (Germar), GUTBIER, 1843 : 72.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 56b. Horizon 14-15e Gruner (sond. F2). Par verticille, 6 à 9 feuilles cunéiformes, à marge distale dentelée, parfois laciniée ; L : 20 à 40 mm, l : 6 à 13 mm.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D de Zwickau et limite Westphalien C/D aux U.S.A. (STORCH, 1980). Stéphanien européen sauf, semble-t-il, en Sarre et en Lorraine.

Sphenophyllum oblongifolium (Germar et Kaulfuss) Unger, 1850
Fig. 58

Rotularia oblongifolia, GERMAR & KAULFUSS, 1831 : 225, pl. 65 (3).
Sphenophyllum oblongifolium (Germar & Kaulfuss), UNGER, 1850 : 70-71.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL G10. Formation de couronnement (sond. S.20 à 64,5m). Par verticille, 6 feuilles dont deux plus courtes en position *Trizygia*.

Source : MNHN, Paris

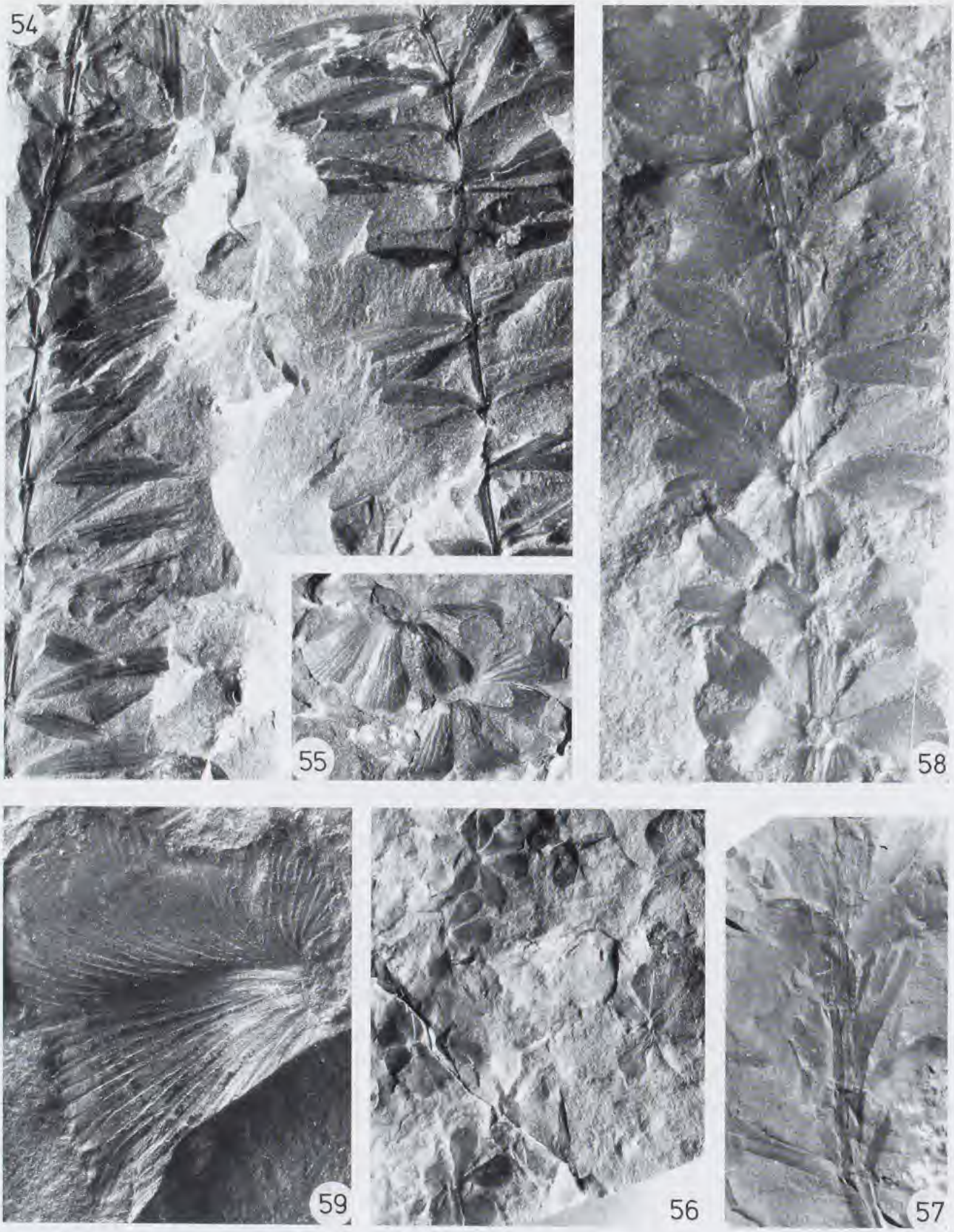


FIG. 54-59. — 54 (× 3) : *Sphenophyllum angustifolium* (Germar) Goeppert ; 55 (× 3), 56 (× 1) : *Sphenophyllum emarginatum* Brongniart ; 57 (× 1) : *Sphenophyllum longifolium* (Germar) Gutbier ; 58 (× 3) : *Sphenophyllum oblongifolium* Germar & Kaulfuss ; 59 (× 3) : *Sphenophyllum* cf. *thonii* Mahr.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Espèce cosmopolite ; Pennsylvanien : U.S.A. ; Carbonifère et Permien : Europe, Asie Mineure, U.R.S.S., Chine, Corée.

Sphenophyllum stephanense Renault, 1873

Fig. 80

Sphenophyllum stephanense, RENAULT, 1873 : 9-13, pl. 4, 5.
Sphenophyllum quadrifidum, RENAULT, 1876d : 283-306, pl. 7 (1-5), 8 (1-6).
Sphenophyllum renaultii, PHILLIPS, 1959 : 13.
Sphenophyllum quadrifidum, BOUREAU, 1964, 3 : 103, fig. 85-87.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN. Les lames 1542, 1543 coll. RENAULT et 237 coll. GRAND'EURY correspondent aux figures 1, 2, 3, pl. 7 de RENAULT (1876).

LOCALITÉ-TYPE. — Non précisée. RENAULT indique « gisements silicifiés des environs de Saint-Étienne », c'est-à-dire vraisemblablement La Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 1542-43, 45, 51, 62 et coll. GRAND'EURY, lame 237 dont l'ensemble représente le matériel original de RENAULT. La conservation assez défectueuse du matériel-type nous a incités à choisir la lame 1562 pour illustrer l'espèce.

DESCRIPTION. — Les tiges silicifiées de *Sphenophyllum* de Saint-Étienne ont servi de base à l'une des premières descriptions de l'anatomie des tiges feuillées de ce genre (RENAULT, 1873).

Nous suivons la position de BOUREAU (1964) qui a mis en synonymie les espèces initialement distinguées par RENAULT (1873, 1876) puis par PHILLIPS (1959). Cependant, le choix de l'épithète spécifique « *stephanense* » antérieure à « *quadrifidum* » est obligatoire (Code 1987, art. 54).

À noter que les spécimens illustrés par BOUREAU (fig. 86-87) proviennent de Saint-Étienne et non d'Autun.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne : Grand'-Croix). Assez commun.

Sphenophyllum cf. *thonii* Mahr, 1868

Fig. 59

Sphenophyllum* « *thoni, MAHR, 1868 : 433, fig. 1-4.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 70. Faisceau de Beaubrun. Aucun verticille complet n'a été découvert à Saint-Étienne. Seules quelques rares feuilles isolées présentent des caractéristiques de dimensions, nervation et denticulation permettant un rapprochement avec cette espèce.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Laurasie : Stéphanien et Permien.

Source : MNHN, Paris

Fructifications

Genre *Sphenophyllostachys* Seward, 1896

Espèce-type. — ***Sphenophyllostachys dawsonii*** (Williamson, 1871) Seward, 1896.

Sphenophyllostachys simplex (Hoskins et Cross) Boureau, 1964
Fig. 81

Sphenophyllum sp., Renault, 1876 : 302-304, pl. 9 (9-11).
Sphenophyllum sp., Zeiller, 1893 : 28-36, pl. 5 (5, 5D).
Sphenophyllum sp., Renault, 1893-1896 : 158-161, fig. 26 et pl. 64 (12-14).
Sphenophyllostachys, Seward, 1896 : 436.
Bowmanites simplex, Hoskins & Cross, 1943 : 141-142, fig. 16-17.
Sphenophyllostachys, simplex (Hoskins & Cross) Boureau, 1964, 3 : 129, fig. 116

Matériel-type. — Seuls, deux spécimens de cette espèce ont été décrits : le premier, illustré par Renault (1876) n'ayant pas été retrouvé, nous figurons celui illustré par Zeiller (1893) & Renault (1896, fig. 26).

Localité-type. — Renault (1876) indique « magmas silicifiés de Saint-Étienne », plus tard, il précise « Grand'Croix » (Renault, 1896 : 158). Perminéralisation.

Matériel examiné et figuré. — MNHN, coll. Renault, lame 1559, b. 71.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Saint-Étienne : Grand'-Croix). Très rare.

Classe des Calamitopsida

Ordre des Calamitales

Rameaux feuillés conservés en empreintes

Genre *Asterophyllites* Brongniart, 1828, *nom. cons.*

Espèce-type. — ***Asterophyllites equisetiformis*** (Sternberg) Brongniart, 1828.

Asterophyllites equisetiformis (Sternberg) Brongniart, 1828
Fig. 60

Bornia equisetiformis, Sternberg, 1825, 1, 4 : 44.
Asterophyllites equisetiformis (Sternberg), Brongniart, 1828 : 159, 176.
Asterophyllites densifolius, Grand'Eury, 1877 : 300-301, pl. 32.

Matériel figuré. — MNHN 7423. Saint-Étienne s. l. Feuilles étroites, aiguës, la plus grande largeur à la base, redressées vers le sommet de la plante, jusqu'à 20 mm de longueur.

Nous avons retrouvé un échantillon (MNHN 8430) semblant bien correspondre à la figuration originale d'*A. densifolius* Grand'Eury 1877, pl. 32, fig. 2 pars.). Cette espèce n'a jamais été reprise ultérieurement. Bien que Grand'Eury ait eu « le sentiment » qu'il s'agissait d'une autre catégorie d'*Asterophyllites :* « Astérophyllites Gymnospermes », il nous apparaît qu'il s'agit sans doute de rameaux latéraux peu développés d'*A. equisetiformis* (fig. 68).

Répartition géographique et stratigraphique. — Du Namurien (très rare) au Permien en Europe ; Pennsylvanien (U.S.A.).

Source : MNHN, Paris

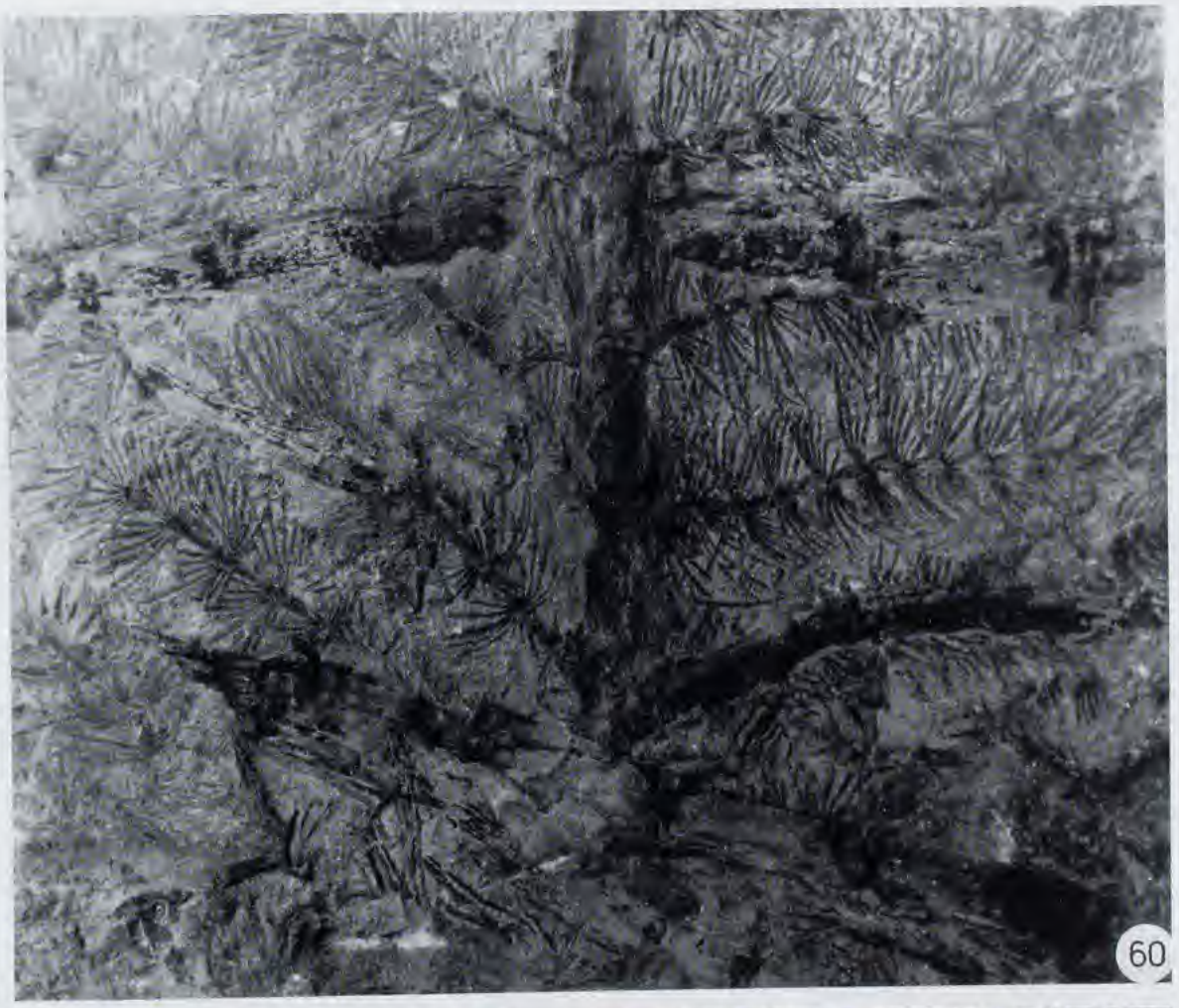


FIG. 60-61. — 60 (× 1) : *Asterophyllites equisetiformis* (Sternberg) Brongniart ; 61 (× 1) : *Calamites cistii* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Asterophyllites longifolius (Sternberg) Brongniart, 1828
Fig. 62

Bruckmannia longifolia, STERNBERG, 1825, 1 (4), 45, 29, pl. 58 (fig. 1).
Asterophyllites longifolius (Sternberg), BRONGNIART, 1828 : 159-176.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 92. Rive de Gier (Grézieux). Verticilles à nombreuses feuilles linéaires insérées sous un angle d'environ 45° sur un axe grêle finement strié longitudinalement. Leur longueur varie de 2,5 à 14 cm pour une largeur de 0,5 à 1,5 mm. Les feuilles sont donc, de façon caractéristique, 1,5 à 3 fois plus longues que les entrenœuds (fig. 64).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien et Stéphanien (France, Suisse, Royaume Uni).

Genre *ANNULARIA* Sternberg, 1822

ESPÈCE-TYPE. — ***Annularia spinulosa*** Sternberg, 1822.
Annularia, STERNBERG, 1822 : 32, pl. 19, fig. 4.

Annularia mucronata Schenk, 1883
Fig. 70

Annularia mucronata, SCHENK, 1883 : 226, pl. 30 (10)

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 86. Assise de Rive de Gier (Puits Gillier). Verticilles nettement anisophylles moins fournis et feuilles moins longues que chez *A. stellata*. Feuilles spatulées, longues de 4 à 18 mm, larges de 1,5 à 2,5 mm avec un maximum de largeur au voisinage de l'apex.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère européen ; Stéphano-permien de Chine, de Corée ; Pennsylvanien (U.S.A.).

Annularia radiata (Brongniart) Sternberg, 1825
Fig. 66, 67

Asterophyllites radiatus, BRONGNIART, 1822 : 35, 89, pl. 2 (7a -7b).
Annularia radiata, (Brongniart) STERNBERG, 1825 : 4.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 81. Tête du faisceau de Gruner (Le Devey, sond. 30 à 385 m). Feuilles linéaires lancéolées, groupées par verticilles de 8 à 10, à longueur constante pour un même verticille ; apex très pointu ; nervure médiane bien visible.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Namurien à Permien en Europe ; Pennsylvanien (U.S.A.).

Source : MNHN, Paris

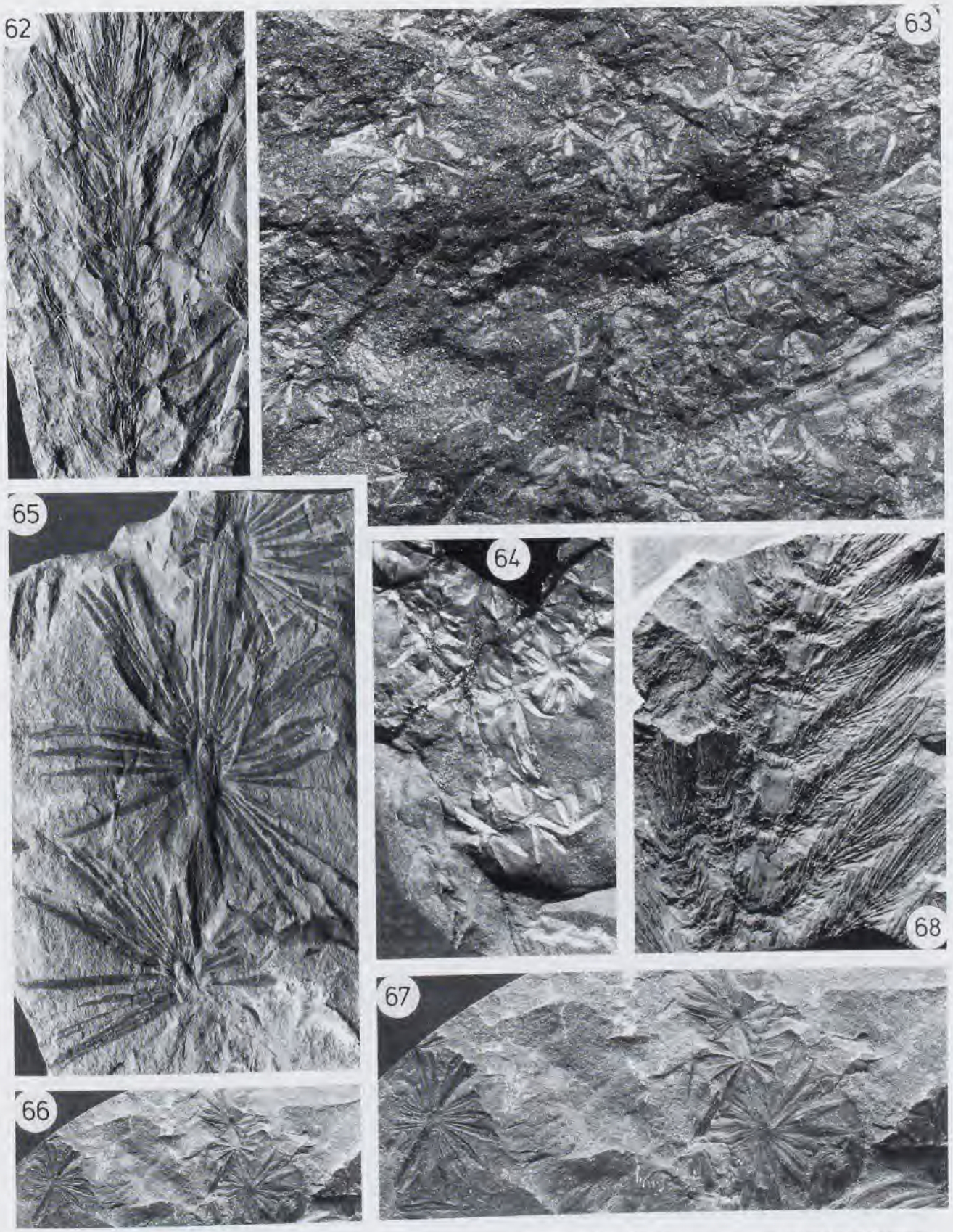


FIG. 62-68. — 62 (× 1) : *Asterophyllites longifolius* (Sternberg) Brongniart ; 63, 64 (× 3) : *Annularia spicata* (Gutbier) Schimper ; 65 (× 1) ; *Annularia stellata* (Brongniart) Wood ; 66 (× 1), 67 (× 2) : *Annularia radiata* (Brongniart) Sternberg ; 68 (× 1) : *Asterophyllites equisetiformis* Brongniart (= *Asterophyllites densifolius* Grand'Eury).

Source : MNHN, Paris

Annularia sphenophylloides (Zenker) Gutbier, 1837
Fig. 69

Galium sphenophylloides, ZENKER, 1833 : 398-400, pl. 5 (5-9).
Annularia sphenophylloides (Zenker), GUTBIER, 1837 : 436.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 82 (BL 05.1). Mur de la 1ère crue des Littes (La Béraudière). Feuilles spatulées, courtes (3 à 12 mm) ; verticilles étalés, presque jointifs.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C à Permien (Europe) ; Permien (Chine) ; Pennsylvanien (Amérique du Nord).

Annularia spicata (Gutbier) Schimper, 1869
Fig. 63, 64

Asterophyllites spicata, GUTBIER, 1849 : 9, pl. 2 (4-7).
Annularia spicata (Gutbier), SCHIMPER, 1869 : 350.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 84. 5e Beaubrun (Montrambert). SEM 104. 3e Beaubrun (La Varenne). Feuilles petites (1,5 à 3 mm de long), étroites, élargies au centre, réunies en verticilles de 5 ou 6. Très proche d'*A. asteris* Bell figuré par WINSTON (1983).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Decazeville, Blanzy-Montceau), Permien (Brive), Stéphanien et Autunien (Sarre, Breitenbach).

Annularia stellata Schlotheim *ex* Wood, 1860
Fig. 65

Annularia stellata, WOOD, 1860 : 236.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 88 et SEM 89. Crues des Littes (carrière Saint-Pierre). Forme ubiquiste à verticilles de 13 à 32 feuilles oblancéolées, très longues (1,4 à 7,5 cm) et étroites (0,5 à 3 mm), décrite par SCHLOTHEIM (1820 : 397) sous le nom de *« Casuarinites stellatus »*. On observe souvent des variations assez marquées affectant les dimensions et la forme des feuilles, voire des rameaux.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C-D, surtout Stéphanien et Permien d'Europe, d'Asie Mineure, de Chine, de Corée ; Pennsylvanien.

STRUCTURES CONSERVÉES DE RACINES

Genre *Astromyelon* Williamson, 1883

ESPÈCE-TYPE. — ***Astromyelon williamsonis*** (Cash & Hicks) Williamson, 1883.
Astromyelon, WILLIAMSON, 1883 : 463, pl. 27.

Source : MNHN, Paris

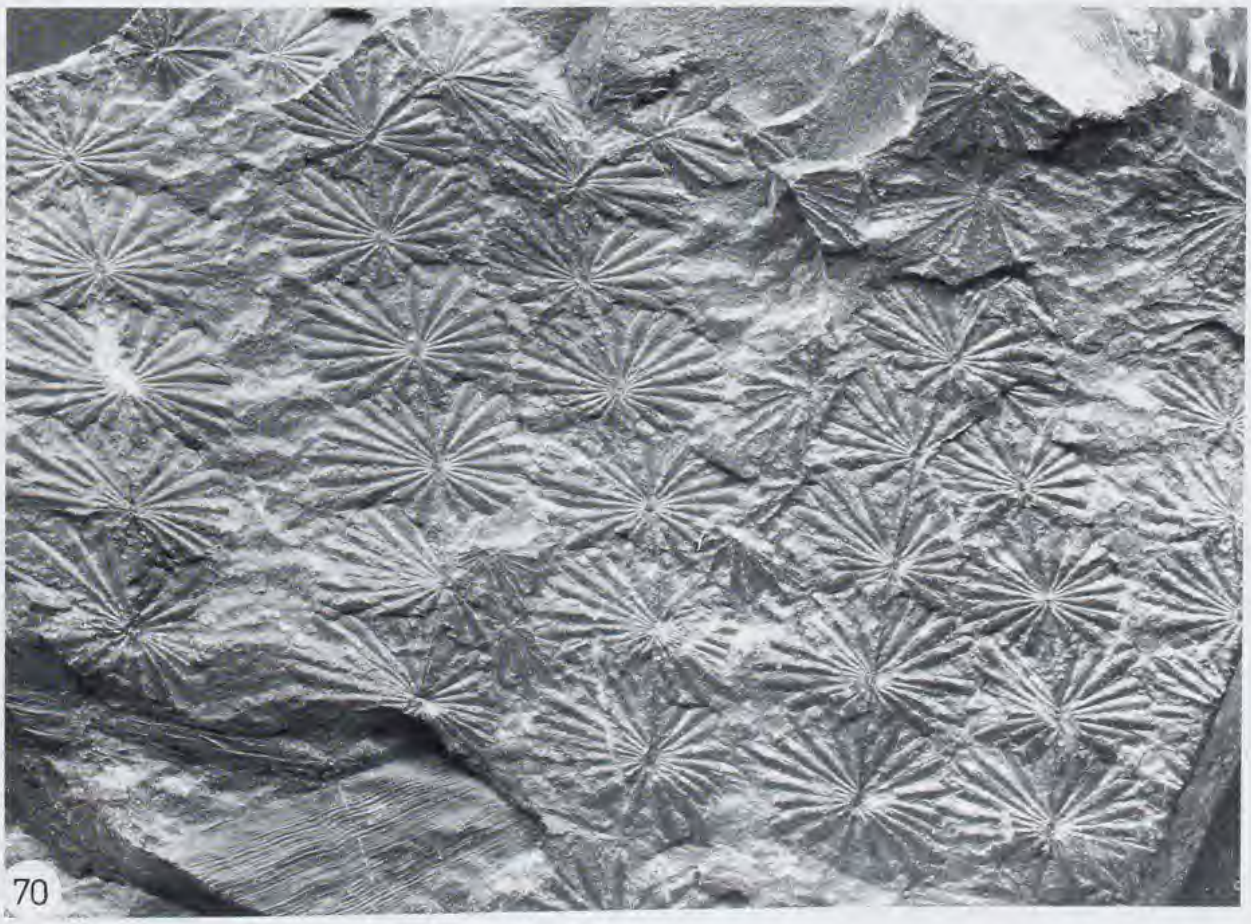


FIG. 69-70. — 69 (× 1) : *Annularia sphenophylloides* (Zenker) Gutbier ; 70 (× 1) : *Annularia mucronata Schenk.*

Source : MNHN, Paris

Astromyelon cf. *dadoxylinum* (Grand'Eury) Renault, 1885
Fig. 82

Arthropitus dadoxylina, GRAND'EURY, 1877 : 288.
Astromyelon dadoxylinum (Grand'Eury), RENAULT, 1885b : 25-30, pl. 8 (1-4).

MATÉRIEL-TYPE. — Le spécimen type de l'espèce n'a pas été retrouvé.

LOCALITÉ-TYPE. — La Péronnière près de Grand'Croix (dans des galets provenant du Poudingue du même nom).

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN ; plusieurs préparations des collections RENAULT et ROCHE renferment des racines décortiquées qui peuvent être attribuées à cette espèce.

REMARQUE. — L'espèce a été décrite (très succinctement et sans illustration) par GRAND'EURY (1877) puis plus en détail par RENAULT. Ce dernier auteur a proposé plus tard (1896 : 111) de rejeter ce taxon car il correspondrait à des racines de *Calamodendron*. Nous suivons BOUREAU (1964) qui a conservé cette espèce. Les fragments de racines décortiquées de type *Astromyelon* sont assez fréquentes dans les silex de Grand'Croix.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne), Permien (Autun). Assez commun.

STRUCTURES, MOULAGES ET EMPREINTES DE TIGES

Genre *ARTHROPITYS* Goeppert, 1864

ESPÈCE-TYPE. — ***Arthropitys bistriata*** (Cotta) Goeppert, 1864.
Arthropitys, GOEPPERT, 1864 : 185, pl. 32, 33.

Arthropitys approximata Schlotheim *ex* Renault, 1896

Arthropitys approximata, RENAULT, 1896b, 9 : 307-310, pl. 1(1-7).
Arthropitys approximata, BOUREAU, 1964 : 306-307, fig. 286.

MATÉRIEL-TYPE. — Permінéralisé, non retrouvé (« échantillon conservé par le carbonate de chaux »).

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 1844-1852. Ces préparations confirment un mode de conservation différent de celui des échantillons silicifiés de Grand'Croix.

REMARQUE. — L'espèce « *Calamites approximatus* » avait été fondée par SCHLOTHEIM (1820 : 399) sur des spécimens en compression. RENAULT (1896b) a proposé la combinaison *A. approximata* pour des spécimens de Commentry et Saint-Étienne, y compris un échantillon à structure anatomique. Ce taxon a été retenu par BOUREAU (1964) mais on peut s'interroger sur la valeur de sa distinction vis-à-vis de *A. gallica*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne). Très rare.

Source : MNHN, Paris

Arthropitys gallica Renault, 1896
Fig. 83

« ***Arthropitus gallica*** », RENAULT, 1896b : 7-10, pl. 2-3.
Arthropitys gallica, BOUREAU, 1964 : 310.

MATÉRIEL-TYPE ET EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 1878 à 1903. La lame 1878 que nous illustrons correspond aux figures 1 et 2, pl. 3 (1896b).

LOCALITÉ-TYPE. — Montrambert près de Saint-Étienne. Matériel perminéralisé par le carbonate de chaux.

REMARQUE. — Cette espèce était représentée par des troncs de 24 cm de large (moelle 4 cm de diamètre, bois 10 cm d'épaisseur). La conservation (carbonatée), semblable à celle de *A. approximata*, suggère une origine commune des deux taxons. Ceux-ci pourraient d'ailleurs être synonymes ; en effet, RENAULT retient surtout une différence de taille (diamètre supérieur chez *A. gallica*) entre les deux espèces.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Montrambert près de Saint-Étienne. Très rare.

Genre *CALAMITES* Suckow *ex* Brongniart, 1828, *nom. cons.*

ESPÈCE-TYPE. — ***Calamites radiatus*** Brongniart, 1828.

Calamites, SUCKOW, 1784 : 355.
Calamites, BRONGNIART, 1828 : 37.
Calamites radiatus, BRONGNIART, 1828 : I, 122, pl. 26, fig. 1, 2.

Calamites cistii Brongniart, 1828
Fig. 61

Calamites cistii, BRONGNIART, 1828 : 129, pl. 20 (15).
« ***Calamites (Stylocalamites) cistii*** », BOUREAU, 1964, 3 : 253- 255, fig. 225-226.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 7423 et SEM 92. Tiges cylindriques, non contractées aux articulations (10 cm de diamètre, au plus, sur une grande longueur). Articles jusqu'à 18 cm de longueur. Côtes étroites, 1 mm au maximum, peu saillantes, terminées en ogive, alternées aux nœuds.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Carbonifère et Permien d'Europe, d'Amérique du Nord, de Chine.

Calamites cruciatus (Sternberg) Brongniart, 1828
Fig. 71, 72

Calamitis cruciatus, STERNBERG, 1825, 4 : 27 et 46, pl. 49 (5), *nom. rej.*
Calamites cruciatus (Sternberg), BRONGNIART, 1828 : 128.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 93 (BL 48.03) : fig. 71, 71a, MNHN 10135 : fig. 72. La Talaudière (La Chazotte : Puits de Molina). Les moulages médullaires, seuls connus avec certitude, sont contractés fortement au niveau des lignes nodales ; séries d'entrenœuds très courts, nettement plus larges que hauts, séparés par un entrenœud bien plus long ; côtes presque rectilignes, parfois alternées,

Source : MNHN, Paris

FIG. 71-75. — 71, 72 (× 1) : *Calamites cruciatus* (Sternberg) Brongniart ; 73 (× 1) : *Calamostachys dumasii* (Zeiller) Jongmans ; 74 (× 0,5), 75 (× 1) : *Calamites goeppertii* Ettingshausen.

Source : MNHN, Paris

parfois interrompues ; cicatrices raméales bien marquées, avec ou sans ombilic central, disposées en quinconce (MNHN 10135, fig. 72).

Plusieurs variétés ont été décrites, *multiramis* Weiss 1884 (SEM 93), *punctatum* Renault 1890 (LANGIAUX, 1984). Pour GRAND'EURY (1877 : 292-293), *Calamodendroxylon congenium* et *Calamodendrofloyos cruciatus* représenteraient respectivement « le bois » et « l'écorce » de *Calamites cruciatus* (Sternberg).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Westphalien supérieur au Permien.

Calamites gigas Brongniart, 1828
Fig. 78, 79

Calamites gigas, BRONGNIART, 1828 : 136, pl. 27.
Calamites gigas, GRAND'EURY, 1877 : 23.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 10107, Saint-Étienne s. l. Taille importante, côtes larges à terminaison « allongée, arquée et très effilée ». On notera que l'holotype figuré par BRONGNIART (MNHN) montre sur une face des côtes alternées et sur l'autre face, non représentée par le descripteur, des côtes opposées à terminaison quasi rectangulaire ; ce que l'on retrouve sur le spécimen de Saint-Étienne.

D'après BOUREAU (1964), dans certains cas, des fragments de cette espèce auraient été décrits comme *Calamites major* (Weiss, 1871) ou *Calamites « cannæformis »* (Schimper, 1869 ; RENAULT, 1888).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien et Permien.

Calamites goeppertii Ettinghausen, 1854
Fig. 74, 75

Calamites goeppertii, ETTINGHAUSEN, 1854 : 27, pl. 1 (3-4).
Equisetites geinitzii, GRAND'EURY, 1877 : 47, pl. 5 (5).
« Calamites (Calamitina) goepperti », BOUREAU, 1964 : 276-277, fig. 250-252.

MATÉRIEL FIGURÉ. — L'échantillon décrit ici était étiqueté « *Equisetites geinitzi* », sans doute par comparaison avec le spécimen ainsi dénommé par GRAND'EURY (1877, pl. 5, fig. 5). Peut-être même s'agit-il de l'échantillon décrit par GRAND'EURY si sa figuration, comme parfois, est plus synthétique qu'analytique.

Il s'agit en fait d'un très beau spécimen de *Calamites* appartenant au groupe *Calamitina* quelquefois traité comme un sous-genre indépendant (BOUREAU, 1964 : 276). Cette catégorie de *Calamites* se caractérise par ses verticilles isolés de cicatrices raméales contiguës, arrondies, ovales ou quadrangulaires de grandes dimensions surmontant certaines lignes nodales à intervalles plus ou moins réguliers.

L'échantillon de Saint-Étienne montre des cicatrices raméales subrectangulaires centimétriques (3 cm de haut environ pour 2 cm de large), serrées les unes contre les autres et ornées d'un tubercule central proéminent.

Toutes les caractéristiques morphologiques de ce moulage correspondent en tous points à celles décrites pour *C. goeppertii* à l'exception des cicatrices raméales surdimensionnées par rapport aux valeurs habituellement rapportées. On peut admettre qu'une telle distorsion correspond simplement à un fragment de branche de dimensions exceptionnelles.

Source : MNHN, Paris

REMARQUE. — Cette espèce était considérée comme cantonnée dans le Westphalien A et B d'Europe jusqu'à la découverte d'un spécimen indubitable dans le Stéphanien supérieur de Blanzy-Montceau (LANGIAUX, 1984 : 85).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien. Stéphanien du Massif Central français.

Calamites pachyderma Brongniart, 1828
Fig. 76, 77

Calamites pachyderma, BRONGNIART, 1828 : 65.
Calamites pachyderma, BRONGNIART, 1836 : 132, pl. 22 (1).
Calamites major, WEISS, 1869 : 119, pl. 14 (1).
Calamites pachyderma, GRAND'EURY, 1890 : 210, pl. 14, fig. 11.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 152, coll. BRONGNIART.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 152 (fig. 76), MNHN 10135 (fig. 77). Moulages médullaires de très grande taille. Entrenœuds pouvant atteindre jusqu'à 20 cm de long pour une largeur de 14 cm. Les côtes larges, légèrement bombées, à sommet tronqué, sont fréquemment opposées ou sub-opposées, donnant au moulage un aspect très caractéristique.

Les moulages médullaires de *Calamites pachyderma* et *Calamites major* sont identiques. La diagnose spécifique de *C. pachyderma* repose sur l'épaisseur de l'écorce houillifiée (« 2 à 4 mm ») pouvant être conservée sur une partie du moulage (cf. fig. 77), critère par définition beaucoup plus aléatoire que l'architecture des faisceaux ligneux. C'est pourquoi nous faisons tomber ces deux espèces en synonymie.

Par ailleurs, GRAND'EURY (1890 : 210 et 213) considérait *C. pachyderma* comme identique à *C. cannæformis* Schlotheim (publication antérieure à 1820).

GRAND'EURY (1877 : 286) décrit, sous le nom d'*Arthropitus bistriata*, des compressions qui rappellent *C. pachyderma* (ou *C. major*). Ce binôme est réservé, maintenant, aux structures conservées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne, Gard).

Calamites suckowii Brongniart, 1828

Calamites suckowii, BRONGNIART, 1828 : 124, pl. 15 (5-6), pl. 16 (2).
Calamites suckowii, GRAND'EURY, 1877 : 14-18, pl. 1 (1-6).

MATÉRIEL EXAMINÉ. — Espèce présente dans les faisceaux de Gruner, Beaubrun et Littes (sondages) et bien reconnaissable à ses côtes non saillantes (1,5 à 2,5 mm de largeur), arrondies à la ligne nodale, marquées à l'extrémité supérieure par un gros nodule ovale, caractéristique.
Cette espèce a également été trouvée et observée en place (GRAND'EURY, 1877).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Namurien au Permien (abondant au Carbonifère supérieur). Europe, Asie, Amérique du Nord.

Source : MNHN, Paris

FIG. 76-79. — 76 (× 1), 77 (× 0,5) : *Calamites pachyderma* Brongniart ; 78 (× 2), 79 (× 1) : *Calamites gigas* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Genre *Calamodendron* Brongniart, 1849

ESPÈCE-TYPE. — ***Calamodendron striatum*** Brongniart, 1849.

Calamodendron, BRONGNIART, 1849 : 50.

Calamodendron congenium Grand'Eury 1876

Calamodendron congenium, GRAND'EURY *in* RENAULT, 1876 : 575.
Calamodendron congenium, RENAULT, 1893-1896 : 124-125, pl. 59 (1).
Calamodendron congenium, BOUREAU, 1964 : 324.

MATÉRIEL-TYPE. — Non retrouvé.

LOCALITÉ-TYPE. — Non précisée. GRAND'EURY (1877) indique « à l'état de fusain dans la houille des étages supérieurs de Saint-Étienne ».

REMARQUE. — Nous suivons BOUREAU (1964) qui conserve l'espèce. Notons cependant que la seule figuration est une section longitudinale. On peut donc s'interroger sur les critères de distinction spécifiques.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — D'après RENAULT (1896), l'espèce est très commune à Saint-Étienne (à l'état d'empreintes et de fusain) et beaucoup plus rare à Autun.

Calamodendron punctatum Renault, 1876

Calamodendron punctatum, RENAULT, 1876b : 575.
Calamodendron punctatum, RENAULT, 1898 : 14-17.
Calamodendron punctatum, BOUREAU, 1964 : 325-327, fig. 304-306.
Calamodendron punctatum, MARGUERIER, 1972 : 39-66, pl. 2-5.

MATÉRIEL-TYPE. — Compression du Stéphanien de Commentry.

LOCALITÉ-TYPE. — Bassin de Commentry.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 1790-1792 et 2193-2195 (provenance indiquée : « Treuil, Saint-Étienne »).

REMARQUE. — Alors que l'espèce est fondée sur un matériel en empreinte de Commentry, RENAULT (1898) indique que « les caractères anatomiques de l'espèce sont tirés d'un fragment de tige silicifiée provenant de Grand'Croix ». Toutefois, il ne donne aucune précision et figure deux spécimens en compression. BOUREAU (1964) puis MARGUERIER (1972) figurent l'anatomie du spécimen de la collection RENAULT qui provient de Saint-Étienne. MARGUERIER attribue à la même espèce un échantillon du bassin de Saint-Eloy-la-Bouble.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Commentry (compression), Saint-Étienne, Saint-Eloy. Assez rare.

Source : MNHN, Paris

Fructifications

Genre *Calamostachys* Schimper, 1869

Espèce-type. — ***Calamostachys typica*** Schimper, 1869.

Calamostachys, Schimper, 1869 : 328, pl. 23.

Calamostachys cf. ***dumasii*** (Zeiller) Jongmans, 1911
Fig. 73

Asterophyllites dumasii, Zeiller, 1892, fig. 40, 41.
Calamostachys dumasii (Zeiller), Jongmans, 1911.
Calamostachys dumasii, Kerp, 1984 : 303.

Matériel examiné. — MNHN 8279, Saint-Étienne, s. l. Nous avons retrouvé l'échantillon figuré par Grand'Eury (1877, pl. 5, fig. 1) sous le nom de *Calamostachys* sp. Il s'agit de strobiles de 15 à 20 mm de long pour 3 mm de large. Ils entrent donc dans le cadre de la variabilité morphologique de *C. dumasii* : strobiles de 4 mm de long (pour les spécimens les plus jeunes) à 60 mm au moins pour une largeur de 1,8 à 7 mm (Kerp, 1984). Bien que la morphologie détaillée de ces fructifications soit, le plus souvent, mal connue puisque les sporangiophores sont indiscernables, l'aspect de chaton étroit et effilé est suffisamment caractéristique pour rapprocher l'échantillon de Saint-Étienne de *C. dumasii*. Ces strobiles sont généralement attribués à *Calamites gigas*.

D'après Kerp (1984), *Asterophyllites dumasii* Zeiller représente, en fait, les axes et les bractées stériles persistantes des strobiles matures de *C. dumasii* ayant disséminé leurs sporanges.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien et Permien d'Europe occidentale.

Calamostachys grandeuryi (Renault) Browne, 1925
Fig. 84

Bruckmannia Grand'Euryi, Renault, 1876b : 13, pl. 3 (1-7), pl. 4 (8-11).
Bruckmannia « Decaisnei », Renault, 1876b : 14, pl. 4 (12-13).
Arthropityostachys Grand'Euryi (Renault), Renault, 1893-1896 : 133-137, pl. 62 (1-6).
Calamostachys Grand'Euryi (Renault), Browne, 1925 : 329-352, pl. 9 (5-7), pl. 10, pl. 11 (14-17).

Matériel-type et examiné. — MNHN, coll. Renault, lames 3688-3710, 3776-3778, 3780 parmi lesquelles on peut reconnaître de nombreuses sections illustrées par Renault (1876b, 1893).

Localité-type. — « Magmas silicifiés de Saint-Étienne » à Grand'Croix.

Remarque. — Renault, qui a décrit ces cônes en détail, distinguait deux espèces ; selon Browne, « *C. Decaisnei* » ne serait qu'une forme de *C. grandeuryi*.

Espèce attribuée par erreur au Permien d'Autun dans Boureau (1964, p. 345).

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Source : MNHN, Paris

Calamostachys magnae-crucis Browne, 1925
Fig. 85

Calamostachys magnae-crucis, Browne, 1925 : 313-329, pl. 9 (1-4).

Matériel-type. — MNHN, coll. Renault, lame 3775 ; cette section transversale a été illustrée par Browne (1925, pl. 9, fig. 1). Perminéralisation silicifiée.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — Comme le souligne Boureau (1964), cette espèce a été séparée de *C. zeilleri* malgré d'assez grandes ressemblances.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Calamostachys tuberculata (Sternberg) Jongmans, 1915
Fig. 87-88

Bruckmannia tuberculata, Sternberg, 1825 : 29 ; pl. 45 (2).
Bruckmannia tuberculata, Grand'Eury, 1877 : 44.
Calamostachys tuberculata (Sternberg), Jongmans, 1915, II, 7 : 493-494.

Matériel figuré. — SEM 95 (fig. 88), SEM 96 (fig.87). Entre 13^{e} et 15^{e} Gruner (sond. E 5). Cône articulé (10-12 cm de long, 1-2 cm de diamètre) ; bractées stériles étalées puis dressées. Cette fructification hétérosporée correspond au feuillage d'*A. stellata*.

Répartition géographique et stratigraphique. — Westphalien C-D, surtout Stéphanien et Permien d'Europe, d'Asie Mineure, de Chine, de Corée ; Pennsylvanien.

Calamostachys zeilleri (Renault) Browne, 1925
Fig. 86

Calamodendronstachys zeilleri, Renault, 1893-1896 : 130-132, pl. 60 (3-8).
Calamostachys zeilleri (Renault), Browne, 1925 : 322-329.

Matériel-type et examiné. — MNHN, coll. Renault, lames 3684-3687 et 3713-3715.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — La section figurée ici correspond à l'illustration originale de Renault (1893, pl. 60, fig. 3-4). Mais Browne (1925 : 357) s'interroge sur l'appartenance possible de ce cône à l'espèce *C. magnae-crucis*.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Saint-Étienne : Grand'Croix). Rare.

N. B. — Browne (1925, pl. 11, fig. 18-19) illustre un cône de Grand'Croix sous le nom de *C. calathifera* sans en donner une description formelle.

Source : MNHN, Paris

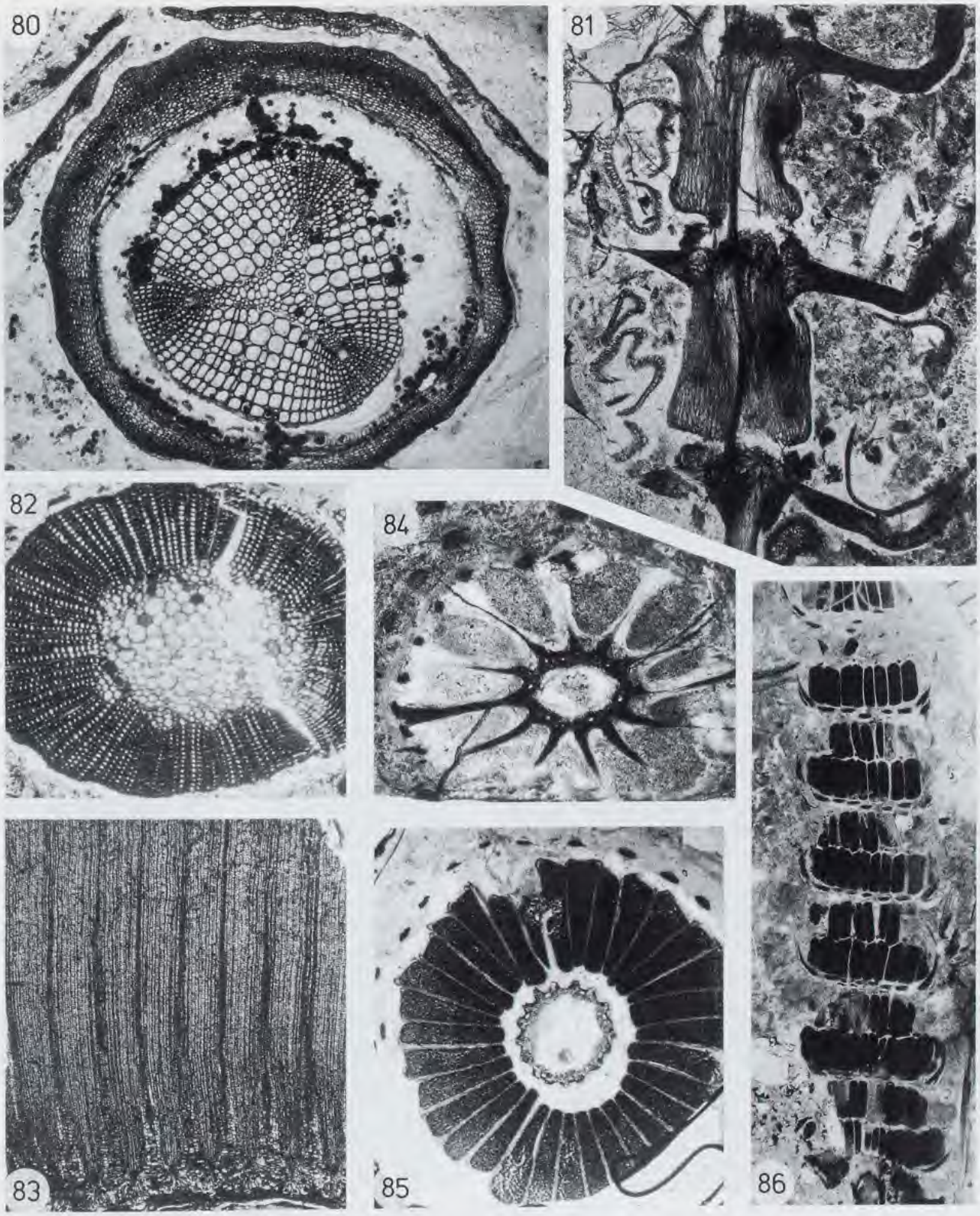


FIG. 80-86. — 80 (× 16) : *Sphenophyllum stephanense* : tige, coupe transversale ; 81 (× 16) : *Sphenophyllostachys simplex* : cône, coupe longitudinale ; 82 (× 17) : *Astromyelon* cf. *dadoxylinum* : cylindre ligneux, coupe transversale ; 83 (× 5) : *Arthropitys gallica* : détail du xylème, coupe transversale ; 84 (× 6) : *Calamostachys grand'euryi* : cône, coupe transversale ; 85 (× 6) : *Calamostachys magnae-crucis*, cône, coupe transversale ; 86 (× 4) : *Calamostachys zeilleri*, cône, coupe longitudinale.

FIGS. 80-86. — 80 (× 16) : Sphenophyllum stephanense: *stem, transversal section; 81 (× 16)*: Sphenophyllostachys simplex; *cone, longitudinal section; 82 (× 17)*: Astromyelon *cf.* dadoxylinum: *xylem cylindre, transverse section; 83 (× 5)*: Arthropitys gallica: *detail of the xylem, transverse section; 84 (× 6)*: Calamostachys grand'euryi: *cone, transverse section; 85 (× 6)*: Calamostachys magnae-crucis, *cone, transverse section; 86 (× 4)*: Calamostachys zeilleri, *cone, longitudinal section.*

Source : MNHN, Paris

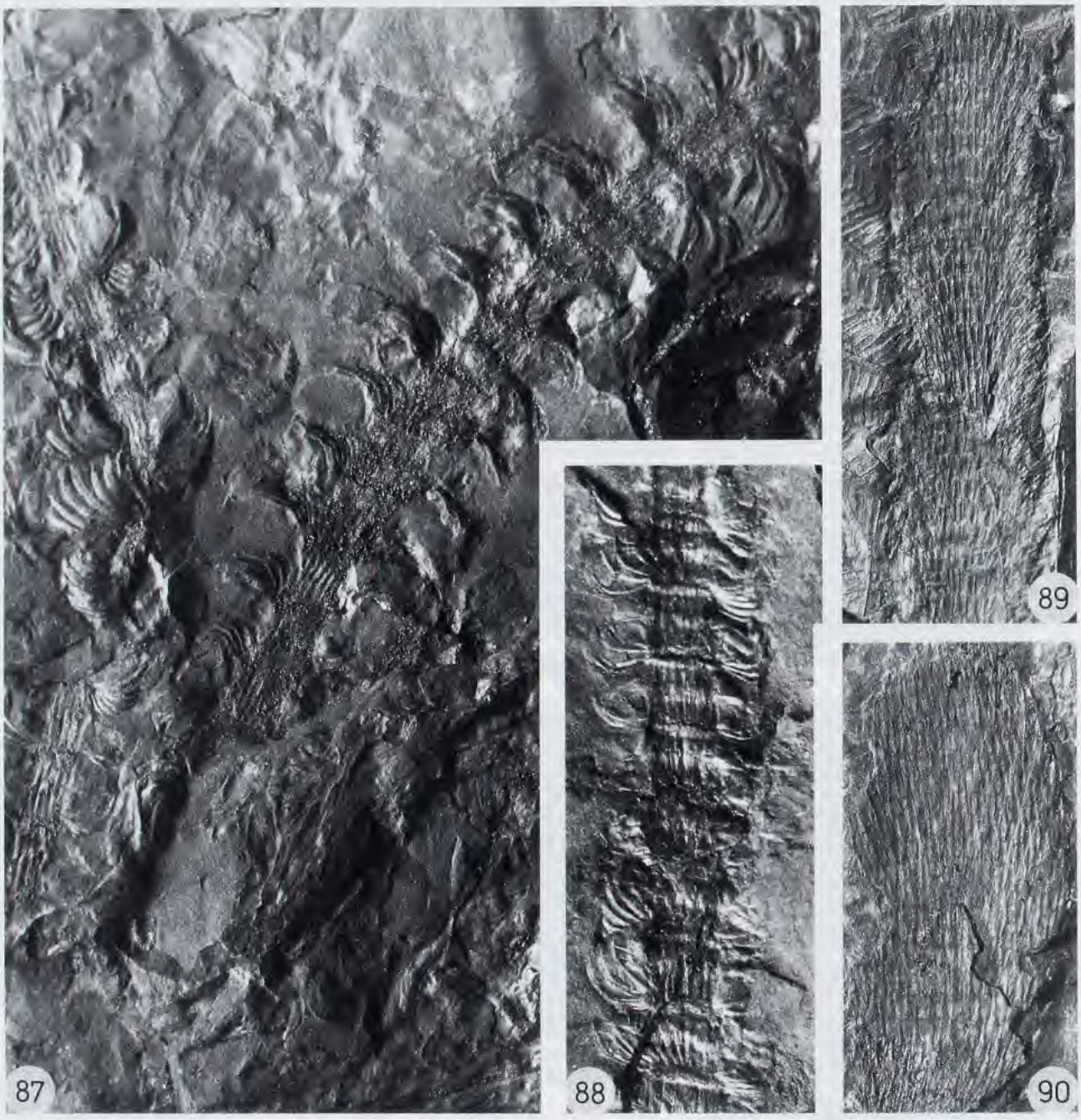


FIG. 87-90. — 87, 88 (× 3) : *Calamostachys tuberculata* (Sternberg) Brongniart ; 89, 90 (× 1) : *Macrostachya infundibuliformis* (Brongniart) Schimper.

Source : MNHN, Paris

Genre *Macrostachya* Schimper, 1869

Espèce-type. — ***Macrostachya infundibuliformis*** (Brongniart) Schimper, 1869.

Macrostachya, Schimper, 1869 : 333, pl. 23.

Macrostachya infundibuliformis (Brongniart) Schimper, 1869
Fig. 89-90

Equisetum infundibuliformis, Brongniart, 1828 : 119, pl. 12 (10 ?, 14, 15).
Macrostachya infundibuliformis (Brongniart), Schimper, 1869, 1 : 333, pl. 23 (13-18).
Macrostachya infundibuliformis, Boureau, 1964, 3 : 363-364, fig. 333.

Matériel figuré. — SEL G 1 : fig.89 ; SEL G39 : fig. 90 (Stot Gruner : 13e Beaubrun). Épi hétérosporé long de 16 à 20 cm pour une largeur de 2 à 3 cm ; 20 bractées par verticille. D'après Boureau, ce taxon rassemblerait des éléments hétérogènes.

Embranchement des Pteridophyta

Classe des Coenopteropsida

Ordre des Cœnopteridales

Famille des Anachoropteridaceae

Genre *Anachoropteris* Corda, 1845

Espèce-type. — ***Anachoropteris pulchra*** Corda, 1845.

Anachoropteris, Corda, 1845 : 86, pl. 56.

Anachoropteris gillotii Corsin, 1937 emend. Holmes, 1979
Fig. 91

Anachoropteris gilloti, Corsin, 1937 : 113-117, pl. 21.
Anachoropteris gillotii, Holmes, 1979 : 1518-1527, fig. 1-26.

Matériel-type (d'après Corsin, 1937). — MNHN, coll. Roche, lames « B-E 34 », non retrouvées.

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel examiné. — MNHN, coll. Grand'Eury, lame 101 qui est un rachis décortiqué.

Remarque. — Le concept de l'espèce fondée par Corsin sur un seul spécimen de Grand'Croix a été élargi par Holmes qui a décrit des rachis du Westphalien portant des structures caulinaires.
L'espèce présente l'anatomie pétiolaire la plus simple du genre.
Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Westphalien A (Bouxharmont, Belgique), Stéphanien (Grand'Croix) et peut-être Permien (Autun). Très rare dans le Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

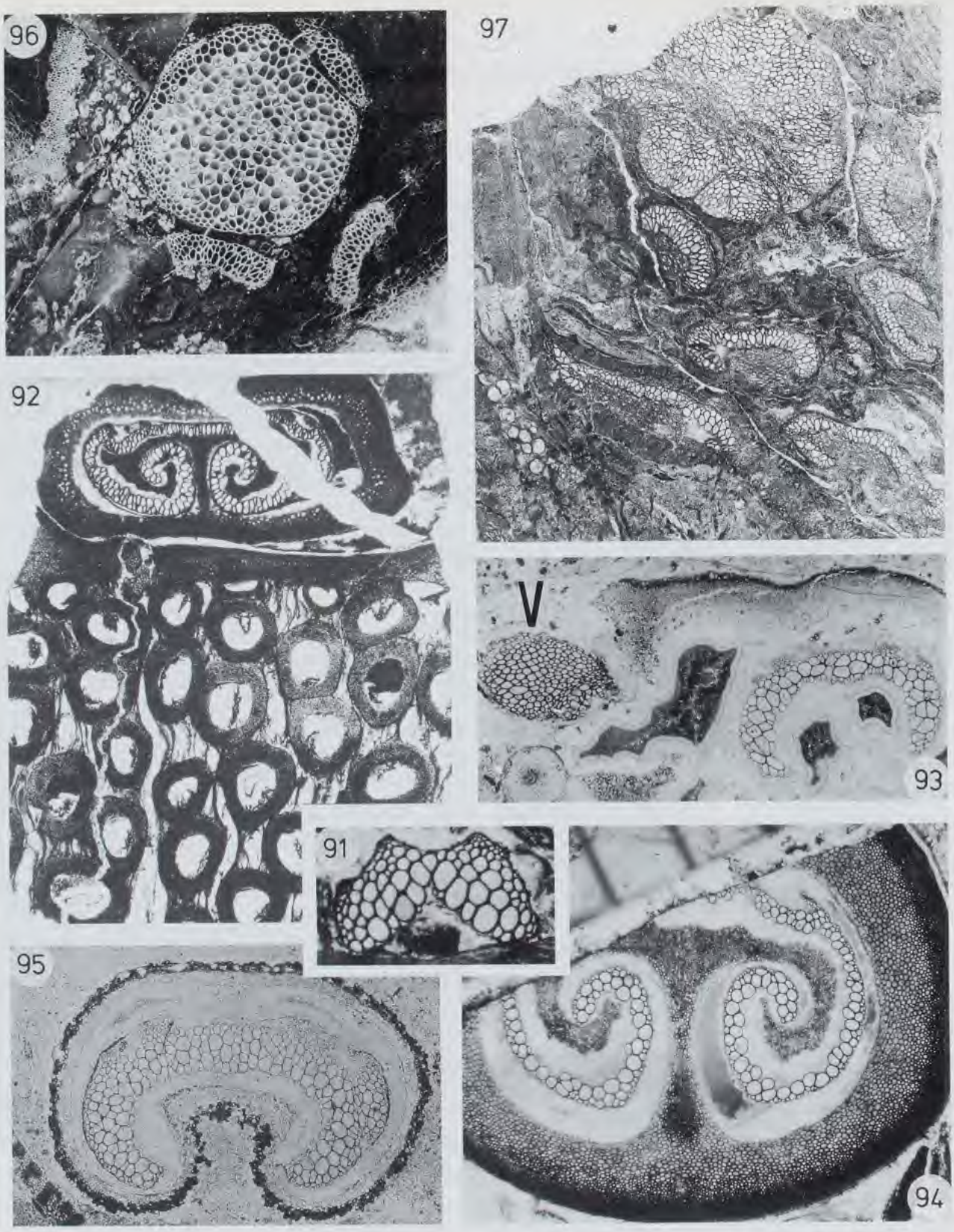


FIG. 91-97. — 91 (× 26) : *Anachoropteris gillotii*, faisceau de xylème du rachis, coupe transversale ; 92 (× 5) : *Anachoropteris involuta*, rachis, section tranversale au contact de racines de *Psaronius* ; 93 (× 10) : *Anachoropteris pautetii*, section transversale d'un rachis avec vascularisation (« V ») d'un bourgeon épiphylle ; 94 (× 15) : *Anachoropteris pulchra*, rachis, section transversale incomplète ; 95 (× 10) : *Anachoropteris robusta*, vascularisation du rachis, section transversale ; 96 (× 13) : *Tubicaulis grandeuryi*, tige, coupe transversale, détail de la stèle et des traces foliaires ; 97 (× 10) : *Tubicaulis* sp., coupe transversale de la tige, montrant la stèle et les traces foliaires.

FIGS. 91-97. — 91 (× 26): Anachoropteris gillotii, *rachis vascular strand transverse section; 92 (× 5):* Anachoropteris involuta, *rachis, transverse section, in contact with* Psaronius *roots ; 93 (× 10):* Anachoropteris pautetii, *rachis, transverse section with epiphyllous bud trace ("V"); 94 (× 15):* Anachoropteris pulchra, *rachis, incomplete transverse section; 95 (× 10):* Anachoropteris robusta, *rachis vascular strand, transverse section; 96 (× 13):* Tubicaulis grandeuryi, *stem, transverse section showing detail of stele and leaf traces, 97 (× 10):* Tubicaulis *sp., stem transverse section showing the stele and leaf traces.*

Source : MNHN, Paris

Anachoropteris involuta Hoskins, 1930
Fig. 92

Anachoropteris involuta, Hoskins, 1930 : 156, fig. 5.
Anachoropteris involuta, Corsin, 1937 : 119-147, pl. 22-29.
Anachoropteris involuta, Galtier & Holmes, 1984 : 757-762, fig. 1-2, pl. 1 (1-2), 2, 3 (1-5).

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel examiné. — Diverses préparations MNHN, coll. Renault et LPM. Cette espèce se distingue de *A. pulchra* par les caractères du faisceau du xylème (lame médiane plus large) et des tissus corticaux (parenchyme hétérogène). Trois types de ramifications foliaires-caulinaires ont été reconnus chez les espèces du groupe *involuta* par Phillips (1974).

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Pennsylvanien (U.S.A. : Iowa, Illinois) et Stéphanien (Grand'Croix). Le moins rare des *Anachoropteris*.

Anachoropteris pautetii Corsin, 1937
Fig. 93

Anachoropteris pautetii, Corsin, 1937 : 105-110, pl. 19-20.

Matériel-type (d'après Corsin). — LPL, coll. P. Bertrand, échantillon et sections 1731.

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel examiné. — LPM, spécimen et lame GC 508. Holmes (1981) s'interroge sur le bien fondé de la séparation de cette espèce, très voisine de *A. robusta* (comparer les figures 93 et 95), les différences pouvant en effet correspondre à de la variabilité ontogénique. Ceci reste à démontrer et nous conservons l'espèce de Corsin pour le spécimen illustré qui montre l'insertion de la stèle (cf. fig. 93) d'une ramification foliaire-caulinaire.

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Anachoropteris pulchra Corda, 1845
Fig. 94

Anachoropteris pulchra, Corda, 1845 : 86, pl. 56.
Anachoropteris pulchra, Corsin, 1937 : 151-159, pl. 31 (2), 32.

Localité-type. — Radnitz pour le spécimen-type de Corda et Grand'Croix pour le matériel français.

Matériel examiné. — MNHN ; quelques préparations coll. Renault et coll. Roche.

Remarque. — Il s'agit de l'espèce-type du genre. Moins fréquente à Grand'Croix que *A. involuta* avec laquelle elle peut être confondue. La section figurée est attribuée à cette espèce compte tenu de son écorce homogène et des caractéristiques du faisceau de xylème.

Un matériel important illustré par Corsin (1937) existe dans les collections de Paléobotanique de Lille (LPL).

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C (Radnitz), Stéphanien (Bohême, Grand'Croix), peut-être Permien (Autun).

Anachoropteris robusta Corsin, 1937
Fig. 95

Anachoropteris robusta, CORSIN, 1937 : 95-104, pl. 17-18.

MATÉRIEL-TYPE (d'après CORSIN). — LPL, coll. MONTESSUS-RENAULT, lames 76/26, 86, 99, 100, 101.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — LPM, spécimens GC 509 et 1230. Cette espèce, fondée comme les précédentes sur des fragments de rachis et de pétioles, est caractérisée par un faisceau de xylème en C, simple et épais.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Genre *TUBICAULIS* Cotta, 1832

ESPÈCE-TYPE. — ***Tubicaulis solenites*** (Sprengel) Cotta, 1832.

Tubicaulis, COTTA, 1832 : 22, pl. 2, fig. 1-3.

Tubicaulis grandeuryi Galtier et Holmes, 1984
Fig. 96

Tubicaulis grand'euryi, GALTIER & HOLMES, 1984 : 763-768, fig. 3-5, pl. 1 (3-4), 3 (6-11), 4, 5.

MATÉRIEL EXAMINÉ ET FIGURÉ. — LPM, lame GC 560. Perminéralisation. Cette espèce à protostèle massive se distingue de *T. berthieri*, de l'Autunien, à protostèle asymétrique.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Tubicaulis sp. Galtier et Holmes, 1984
Fig. 97

Tubicaulis sp., GALTIER & HOLMES, 1984 : 768-769, pl. 1 (5).

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 175. Perminéralisation. La détermination spécifique n'est pas possible en l'absence de coupe longitudinale. Cependant, ce spécimen est bien distinct de *T. grand'euryi* par l'organisation de la protostèle qui évoque *T. stewartii* du Pennsylvanien américain.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Source : MNHN, Paris

Famille des Botryopteridaceae

Genre *Botryopteris* Renault, 1875

Espèce-type. — ***Botryopteris forensis*** Renault, 1875.

Botryopteris, Renault, 1875 : 202.

Botryopteris forensis Renault, 1875
Fig. 98-101

Botryopteris forensis, Renault, 1875a : 202-206.
Botryopteris forensis, Galtier & Phillips, 1977 : 1-32, pl. 1 (2, 4), 2, 3 (7), 4, 5 (20-24, 28-34), 6-11, 12 (94), 15 (116).

Matériel-type (défini par Galtier et Phillips). — MNHN, coll. Renault, b. 106, lames 2262, 2264 (lectotype) et 2254-2258 (syntype).

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel examiné. — MNHN, coll. Renault, boîtes 71, 106, 108, MNHN, coll. Roche, boîtes 1, 11, 12, 17 et MNHN, coll. Grand'Eury, lame 77 ; Autun, coll. Roche, boîte 9 ; lames LPL et LPM.

Remarque. — C'est l'espèce-type du genre et l'une des fougères paléozoïques connues de façon la plus complète : on a en effet décrit les tiges, pétioles, racines, rachis et pinnules reconstituées d'après des sections paradermales. Les sporanges, avec spores *in situ*, sont portés sur des pennes spécialisées dépourvues de limbe.

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix), Pennsylvanien de l'Illinois (U.S.A.). Assez commun.

Botryopteris renaultii Bertrand & Cornaille, 1910 emend. Corsin, 1937
Fig. 100, 102

Botryopteris renaulti, Bertrand & Cornaille, 1910 : 1019-1023.
Botryopteris renaulti, Corsin, 1937 : 194-213, pl. 38-40.
Botryopteris renaultii, Galtier & Phillips, 1977 : 1-32, pl. 1 (1,4), 2, 5 (25-27), 12 (86-93), 13, 14, 15 (112-115, 117-121).
Rachiopteris forensis, Grand'Eury, 1877 : 64, pl. 13 (1).

Matériel-type. — LPL, lames 76/46-47 (lectotype) et 76/86, lames et spécimens 862, 1218, 2418, 2422.

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel examiné. — MNHN, coll. Renault, boîte 71, MNHN, coll. Roche, boîtes 1, 11, 12, MNHN, coll. Grand'Eury, lame 75 ; Autun, coll. Roche, boîte 9 ; LPL et LPM.

Remarque. — Cette espèce, connue de façon moins complète que *B. forensis*, est fondée sur des structures foliaires (des pétioles aux pinnules) ; les parties fertiles n'ont pas été décrites.

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Plus rare que *B. forensis*.

Source : MNHN, Paris

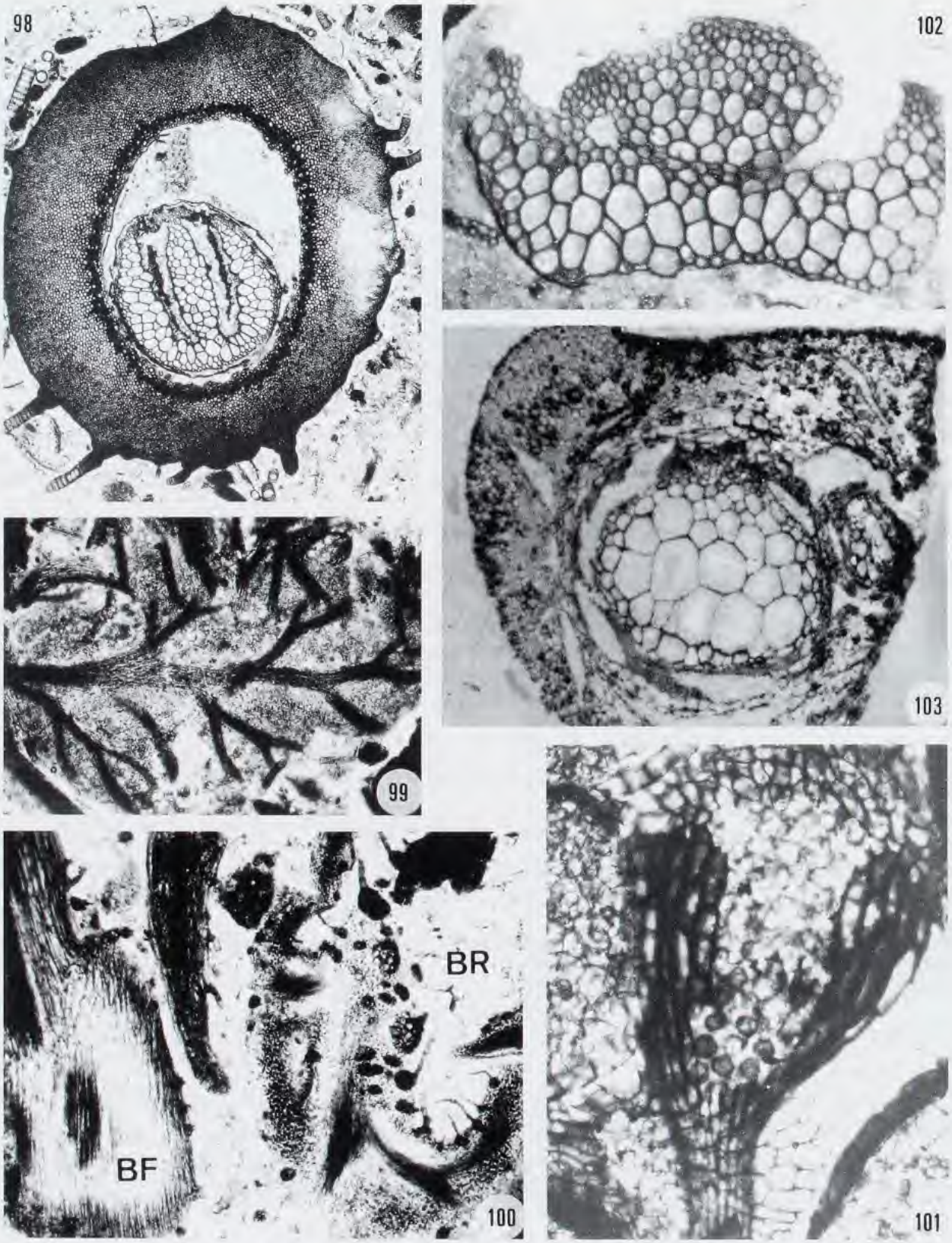


FIG. 98-103. — *Botryopteris forensis* ; 98 (× 10) : pétiole, section transversale ; 99 (× 20) : pinnule, section paradermale ; 100 (× 35) : section à travers les rachis ultimes et pinnules associées de *Botryopteris forensis* (BF) et *B. renaultii* (BR) ; 101 (× 70) : sporange en section longitudinale tangentielle ; 102 (× 35) : *Botryopteris renaultii*, faisceau de xylème d'un pétiole, coupe transversale ; 103 (× 40) : *Botryopteris* sp., rachis, coupe transversale.

FIGS. 98-103. — Botryopteris forensis, *98 (× 10): petiole, transverse section; 99 (× 20): pinnule, paradermal section; 100 (× 35): oblique section through ultimate rachises and associated pinnules of* Botryopteris forensis *(BF) and* B. renaultii *(BR); 101 (× 70) sporangium, longitudinal section; 102 (× 35):* Botryopteris renaultii, *petiole xylem strand, transverse section; 103 (× 40):* Botryopteris *sp., rachis, transverse section.*

Source : MNHN, Paris

Botryopteris sp.
Fig. 103

« ***Botryopteris*** sp. forme ***pseudoantiqua*** », GALTIER & PHILLIPS, 1977.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — LPM, spécimen GC 567.

REMARQUE. — A côté de *B. forensis* et *B. renaultii*, ce taxon indique la présence, à Grand'Croix, d'une troisième lignée, déjà reconnue par PHILLIPS (1974) dans le Pennsylvanien américain. Elle est caractérisée par la persistance au Stéphanien de la structure anatomique foliaire la plus simple et semblable à celle de *B. antiqua* du Carbonifère basal.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix) et Pennsylvanien de l'Illinois (U.S.A.). Très rare à Grand'Croix.

ORDRE DES ZYGOPTÉRIDALES

FAMILLE DES ZYGOPTERIDACEAE

Genre *ANKYROPTERIS* (Stenzel 1889) Bertrand, 1907

ESPÈCE-TYPE. — ***Ankyropteris brongniartii*** (Renault) Bertrand, 1907.

Ankyropteris, STENZEL, 1889 : 29.
Ankyropteris, BERTRAND, 1907 : 775-777.

Ankyropteris brongniartii (Renault) Bertrand, 1907
Fig. 104, 105, 106

Zygopteris « brongniarti », RENAULT, 1869 : 164, pl. 3-6.
Anachoropteris decaisnei, RENAULT, 1869 : 173, pl. 10, 11 (1-6, 8).
« Zygopteris (Ankyropteris) brongniarti » (Renault), STENZEL, 1889 : 29.
Ankyropteris « brongniarti » (Renault), BERTRAND, 1907 : 775-777.
Ankyropteris brongniartii, MICKLE, 1980 : 241-242.
Tedelea glabra (Baxter), EGGERT & TAYLOR, 1966 : 54, fig. 1-8, pl. 8-11.

MATÉRIEL-TYPE. — Non identifié avec certitude mais les lames MNHN, coll. RENAULT, 2203-2206 et 2208-2214 semblent appartenir au matériel original d'Autun.

LOCALITÉ-TYPE. — Silex permiens d'Autun.

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3754-3755 et MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 179. Localité probable : Grand'Croix.

REMARQUE. — RENAULT (1869) avait décrit trois espèces d'Autun dont deux étaient fondées sur des tiges (*Z. brongniartii* et *A. decaisnei*) et une sur des rachis isolés (*Z. bibractensis*). MICKLE (1980) a mis les trois espèces en synonymie et a retenu comme espèce-type *A. brongniartii* dont les préparations originales n'ont pas été identifiées. Par contre, plusieurs sections-types de *A. decaisnei* ont été retrouvées, par exemple les lames 2203 et 2204, coll. RENAULT (= fig. 1 et 2, pl. 10, RENAULT, 1869). Tous ces spécimens proviendraient d'Autun.

Deux sections de la coll. RENAULT (3754-3755) montrent une tige semblable à *A. (decaisnei)*

Source : MNHN, Paris

brongniartii, mais d'après la préservation et la nature des autres débris végétaux, nous suggérons que ce spécimen (fig. 104) provient de Grand'Croix et non d'Autun. Il s'agirait de la première mention du genre dans le Stéphanien français.

Ceci est confirmé par une section de la coll. GRAND'EURY (lame 179) qui montre une pinnule fertile avec des sporanges, à anneau apical, attachés marginalement (fig. 105-106). Cette structure est conforme à l'espèce *Tedelea glabra* (Baxter) Eggert et Taylor (1966), taxon également mis en synonymie avec *A. brongniartii* par MICKLE (1980).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien à Permien ; coal balls de Grande-Bretagne, Illinois, Iowa, Kentucky et perminéralisations silicifiées du Stéphanien (Grand'Croix) et Permien (Autun) de France et d'Allemagne (Chemnitz). Très rare dans le Stéphanien de Grand'Croix.

Genre *BISCALITHECA* Mamay, 1957

ESPÈCE-TYPE. — ***Biscalitheca musata*** Mamay, 1957.

Biscalitheca, MAMAY, 1957 : 237, fig. 1-30.

Biscalitheca cf. ***musata*** Mamay, 1957
Fig. 107, 108

Zygopteris sp., RENAULT, 1876 : 5-7, pl. 1 (1-3, 4bis, 7).
Biscalitheca cf. ***musata***, GALTIER, 1978 : 18-24, pl. 1 (5), pl. 2 (7, 9, 10).
Etapteris lacattei, *auct. non* BERTRAND, 1907, BERTRAND, 1912 : 29-30.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 1072-1073, b. 47 et 2215-2219, b. 104 et LPM, spécimen GC 506.

REMARQUE. — L'identité spécifique de ces fructifications de Grand'Croix avec celles du Pennsylvanien de l'Illinois, décrites par MAMAY, est très vraisemblable.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix) ; Pennsylvanien de l'Illinois (U.S.A.). Assez rare.

N. B. — Les genres *Biscalitheca* et *Schizostachys* correspondent à deux modes de fossilisation différents des mêmes frondes fertiles (cf. GALTIER 1987).

Genre *ETAPTERIS* Bertrand, 1907

ESPÈCE-TYPE. — ***Etapteris tubicaulis*** (Goeppert) Bertrand, 1907.

Etapteris, BERTRAND, 1907 : 776.

Etapteris cf. ***lacattei*** (Renault) Bertrand, 1907
Fig. 109

Zygopteris « lacatti », RENAULT, 1869 : 170, pl. 7 (12) et pl. 8.
Zygopteris sp., RENAULT, 1876 : 7, pl. 1 (4).
Etapteris lacattei (Renault), BERTRAND, 1907 : 777.

Source : MNHN, Paris

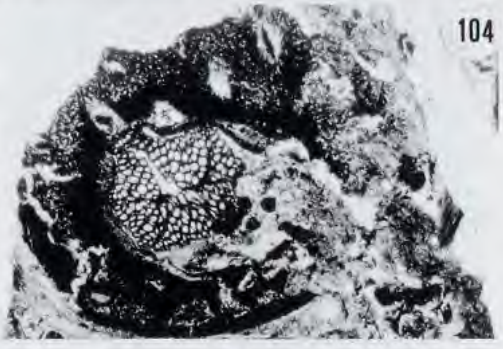


FIG. 104-109. — 104 (× 18), 105 (× 26), 106 (× 65) : *Ankyropteris brongniartii*. 104 : tige, coupe transversale ; 105, 106 : pinnule fertile, section transversale et détail montrant les sporanges attachés et spores in situ ; 107 (× 6), 108 (× 19) : *Biscalitheca musata*, section dans une penne fertile et détail des sporanges ; 109 (× 10) : *Etapteris* cf. *lacattei*, phyllophore, section transversale.

FIGS. 104-109. — 104 (× 18), 105 (× 26), 106 (× 65): Ankyropteris brongniartii; *104: stem, transverse section; 105, 106: transverse section and details showing attached sporangia and in situ spores; 107 (× 6), 108 (× 19):* Biscalitheca musata, *section through a fertile pinna and details of sporangia; 109 (× 10):* Etapteris *cf.* lacattei, *phyllophore, transverse section.*

Source : MNHN, Paris

Etapteris lacattei, BERTRAND, 1909 : 209, pl. 16 (114).
Etapteris cf. ***lacattei***, GALTIER, 1978 : 18, pl. 1 (2, 3).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2215 et LPM, spécimens GC 507, 522, 528.

REMARQUE. — L'espèce est fondée sur des spécimens de l'Autunien d'Autun. Les pétioles de Grand'Croix, illustrés d'abord par RENAULT puis BERTRAND sont rapportés avec de sérieuses réserves (GALTIER, 1978) à la même espèce. Le même nom avait été utilisé par BERTRAND (1912) pour désigner les fructifications de *Biscalitheca* dont l'attachement à cet *Etapteris*, quoique très probable, n'a pas été encore démontré.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix) et ? Permien (Autun). Assez rare.

Genre *SCHIZOPTERIS* Brongniart, 1828

ESPÈCE-TYPE. — ***Schizopteris anomala*** Brongniart, 1828.
Schizopteris, BRONGNIART, 1828 : 63.

Schizopteris cycadina Grand'Eury, 1877
Fig. 110, 111

Schizopteris cycadina, GRAND'EURY, 1877 : 200, pl. 17 (2).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 8397.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne.

DESCRIPTION. — Selon GRAND'EURY, cette espèce « n'est pas bien différente » de *Schizostachys pinnata*. On notera cependant l'absence totale de limbe ; l'empreinte se réduit à des axes finement striés (fig.111). D'après ZEILLER (1888 : 82), *Schizopteris cycadina* devrait être confondu avec *Schizopteris pinnata* (= *Schizostachys pinnata*).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français.

Genre *SCHIZOSTACHYS* Grand'Eury, 1877

ESPÈCE-TYPE. — *Schizostachys frondosus* Grand'Eury, 1877.
Schizostachys, GRAND'EURY, 1877 : 201, pl. 17, fig. 3.

Schizostachys pinnata (Grand'Eury) Barthel, 1968
Fig. 112

Schizopteris pinnata, GRAND'EURY *in* Renault, 1876 : pl. 1 (12-13).
Schizopteris pinnata, GRAND'EURY, 1877 : 200, pl. 17 (1).
Schizopteris pinnata, ZEILLER, 1888 : 77-83, pl. 23 (5-7).
Zygopteris pinnata, VETTER, 1968 : 50-51, pl. 38 (2, 4, 5, 6).
Schizostachys pinnata (Grand'Eury), BARTHEL, 1968 : 733-734.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 132. Frondes stériles « à divisions secondaires très déchiquetées » pour GRAND'EURY (SEM 132, BL 12.9)

Source : MNHN, Paris

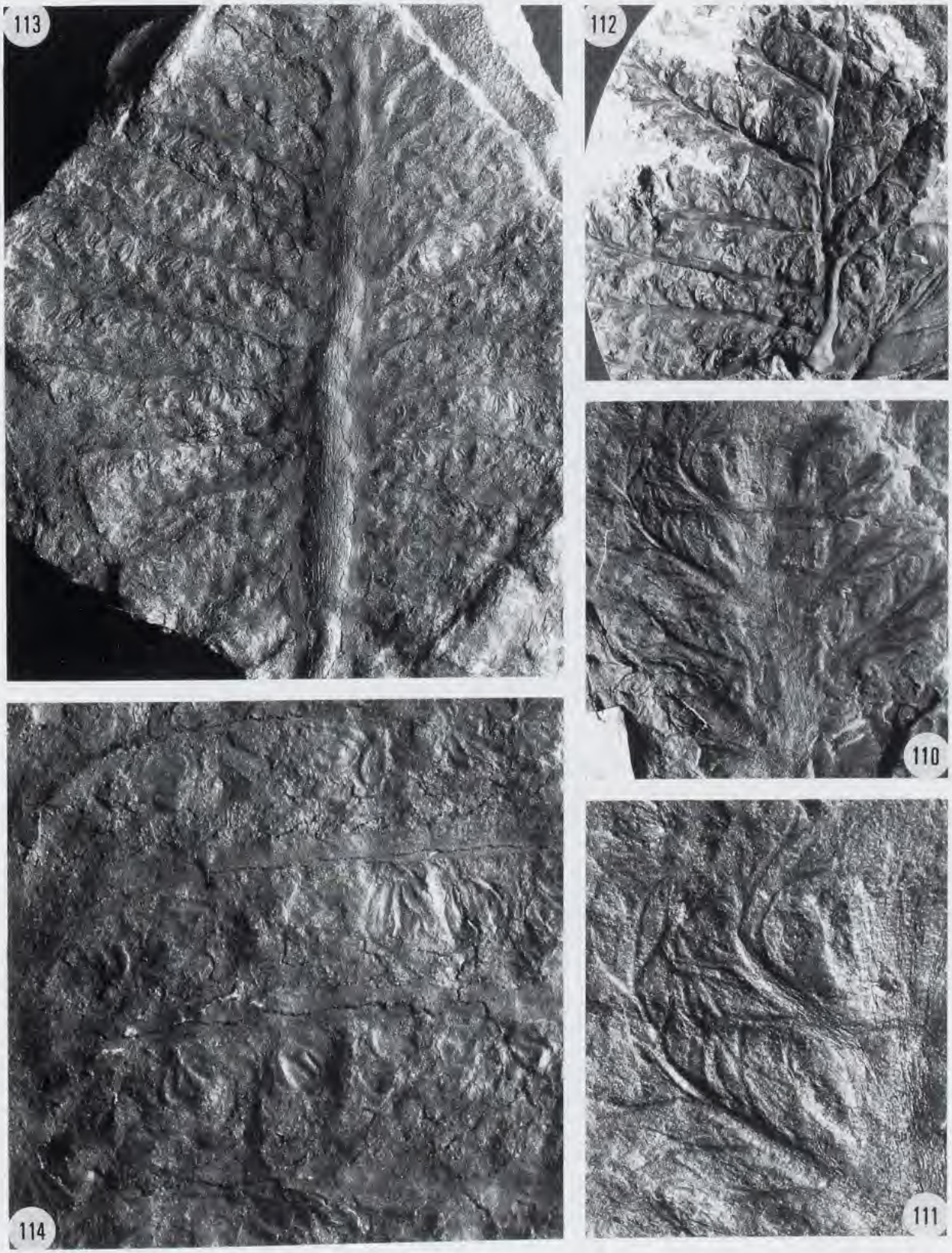


FIG. 110-114. — 110 (× 1), 111 (× 2) : *Schizopteris cycadina* Grand'Eury ; 112 (× 1) : *Schizostachys pinnata* (Grand'Eury) Barthel ; 113 (× 1), 114 (× 3) : *Schizostachys spiciformis* (Andrae) Barthel.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français et Permien inférieur d'Espagne (Guadalcanal).

Schizostachys spiciformis (Andrae) Barthel, 1968
Fig. 113, 114

Araucarites « spic'formis », ANDRAE *in* GERMAR, 1851 : 94, pl. 33 (1-2).
Androstachys, GRAND'EURY *in* RENAULT, 1876 : 8 et 23, 24, pl. 1 (14-17).
Schizostachys frondosus, GRAND'EURY, 1877 : 201.
Androstachys frondosus, GRAND'EURY, 1877, pl. 17 (3).
Zygopteris cornuta, VETTER, 1868 : 50, pl. 37 (2).
Schizostachys spiciformis (Andrae), BARTHEL, 1968 : 734, pl. 5 (1-4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 131. Frondes et pennes fertiles sans limbe ; pinnules remplacées par des bouquets de sporanges en forme de banane (1,5 à 3 mm de long pour 0,5 à 1 mm de diamètre), groupés par 3 à 10 au sommet d'un court pédicelle.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français (Saint-Étienne, Brive, Decazeville, Blanzy-Montceau), d'Allemagne (Wettin), d'Espagne. Certainement identique au *Biscalitheca kansana* Cridland (1966) du Pennsylvanien du Kansas.

CLASSE DES FILICOPSIDA

ORDRE DES MARATTIALES

STIPES, TIGES, PÉTIOLES

Genre *PSARONIUS* Cotta, 1832

ESPÈCE-TYPE. — ***Psaronius helmintholithus*** (Sprengel) Cotta, 1832.
Psaronius, COTTA, 1832 : 32, pl. 5, fig.1.

Psaronius ogygius Grand'Eury, 1877

Psaronius ogygius, GRAND'EURY, 1877 : 97.

MATÉRIEL-TYPE. — Non retrouvé.

LOCALITÉ-TYPE. — La Péronnière, Grand'Croix.

REMARQUE. — La description de GRAND'EURY concerne un spécimen représentant le manchon de racines et ne comporte pas d'illustration ; la pertinence de ce taxon peut être mise en doute.
Minéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (La Péronnière, Grand'-Croix).

Source : MNHN, Paris

Psaronius sp.
Fig. 92

Psaronius sp., CARPENTIER, 1932 : 17, pl. 12 (1).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2252 et LPM spécimen GC 581.

REMARQUE. — Fragment du manchon de racines non identifiable spécifiquement. Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

N. B. — Il est remarquable que les tiges de *Psaronius* soient si rares à Grand'Croix (contrairement au Permien d'Autun) alors que les restes de feuilles fertiles et stériles correspondantes sont des fossiles assez communs (cf. plus loin une remarque semblable au sujet de la représentation différente des structures caulinaires et foliaires-fertiles des *Medullosa*).

Genre *STEWARTIOPTERIS* Morgan et Delevoryas, 1952

ESPÈCE-TYPE. — ***Stewartiopteris singularis*** Morgan et Delevoryas, 1952.

Stewartiopteris, MORGAN & DELEVORYAS, 1952 : 479, fig. 1-15.

Stewartiopteris sp.
Fig. 121

Stewartiopteris sp., MORGAN & DELEVORYAS, 1952 : 484

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 34. Rachis ou petit pétiole montrant la configuration vasculaire typique du genre.

LOCALITÉ D'ORIGINE. — Probablement Grand'Croix.

REMARQUE. — C'est la première fois que ce genre, de création assez récente, est mentionné à Grand'Croix.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix) et équivalent Pennsylvanien américain pour le genre. Assez rare.

Genre *STIPITOPTERIS* Grand'Eury, 1877

ESPÈCE-TYPE. — ***Stipitopteris æqualis*** Grand'Eury, 1877.

Stipitopteris, GRAND'EURY, 1877 : 81, pl. 13, fig. 2.

Source : MNHN, Paris

Stipitopteris æqualis Grand'Eury, 1877

Stipitopteris æqualis, GRAND'EURY, 1877 : 81, pl. 13 (2).
Stipitopteris æqualis, ANDREWS & DOUBINGER *in* BOUREAU, 1970 : 202.

MATÉRIEL-TYPE. — Non retrouvé.

LOCALITÉ-TYPE. — Sagnat, Stéphanien du bassin de Saint-Étienne.

REMARQUE. — Il s'agit de l'espèce-type du genre, fondée sur des pétioles perminéralisés ou partiellement minéralisés.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne (Sagnat). Rare.

N. B. — GRAND'EURY (1877) a décrit, sans les figurer, quatre autres espèces trouvées dans le bassin de Saint-Étienne (*S. delineata*, *S. notata*, *S. punctata*, *S. verrucosa*) que nous considérons comme non valides.

Genre *CAULOPTERIS* Lindley & Hutton, 1832

ESPÈCE-TYPE. — ***Caulopteris primæva*** Lindley & Hutton, 1832.

Caulopteris, LINDLEY & HUTTON, 1832 : 121, pl. 42.
Ptychopteris p.p., CORDA, 1845 : 76.

Empreintes de troncs marqués de grandes cicatrices ovales. À Saint-Étienne, GRAND'EURY ne recense pas moins de 11 espèces de *Caulopteris* dont 8 seraient des taxons nouveaux traduisant des formes de cicatrices et tout particulièrement des formes « spécifiques » du faisceau vasculaire principal. *Caulopteris protopteroides* Grand'Eury (1877 : 85, pl. 10, MNHN 8345), *Caulopteris perfecta* Grand'Eury (1877 : 85, pl. 9), *Caulopteris minor* Schimper (GRAND'EURY, 1877 : 86, pl. 9 ; MNHN 8353), *Caulopteris neomorpha* Grand'Eury (1877 : 87 ; MNHN 8351), *Caulopteris endorrhiza* Grand'Eury (1877 : 87, pl. 9) ont été très sommairement décrits ou figurés. Or la trace laissée par les cordons vasculaires varie suivant la position que ceux-ci occupent sur le tronc ; on peut s'interroger sur le bien-fondé des coupures taxinomiques proposées.

Selon GRAND'EURY, *Caulopteris endorrhiza* (1877 : 87, pl. 9 ; MNHN 8352) et *Caulopteris patria* (1877 : 87, MNHN 8348) montreraient des « racines internes descendant entre le corps vasculaire et l'écorce ».

Le genre *Ptychopteris* Corda (1845 : 76) rassemble les « troncs de Fougères » dépouillés de leur écorce et de leurs racines sous corticales. ANDREWS et DOUBINGER (*in* BOUREAU, 1970 : 187) contestent la valeur de ce genre et considèrent les *Ptychopteris* comme des étapes de décortication à rapprocher des genres *Caulopteris* ou *Megaphyton*.

Caulopteris chaussatii (Zeiller) Andrews et Doubinger, 1970
Fig. 115

Ptychopteris « chaussati », ZEILLER, 1888 : 351-353, pl. 38 (1-3).
Caulopteris « chaussati » (Zeiller), ANDREWS & DOUBINGER, 1970 : 187.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LY 2. Saint-Étienne s. l. Cicatrices correspondant aux gaines des faisceaux foliaires souvent ouvertes à leur partie inférieure, longues (10-15 cm), étroites (1 à 2 cm), espacées (partie basale du tronc ?).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

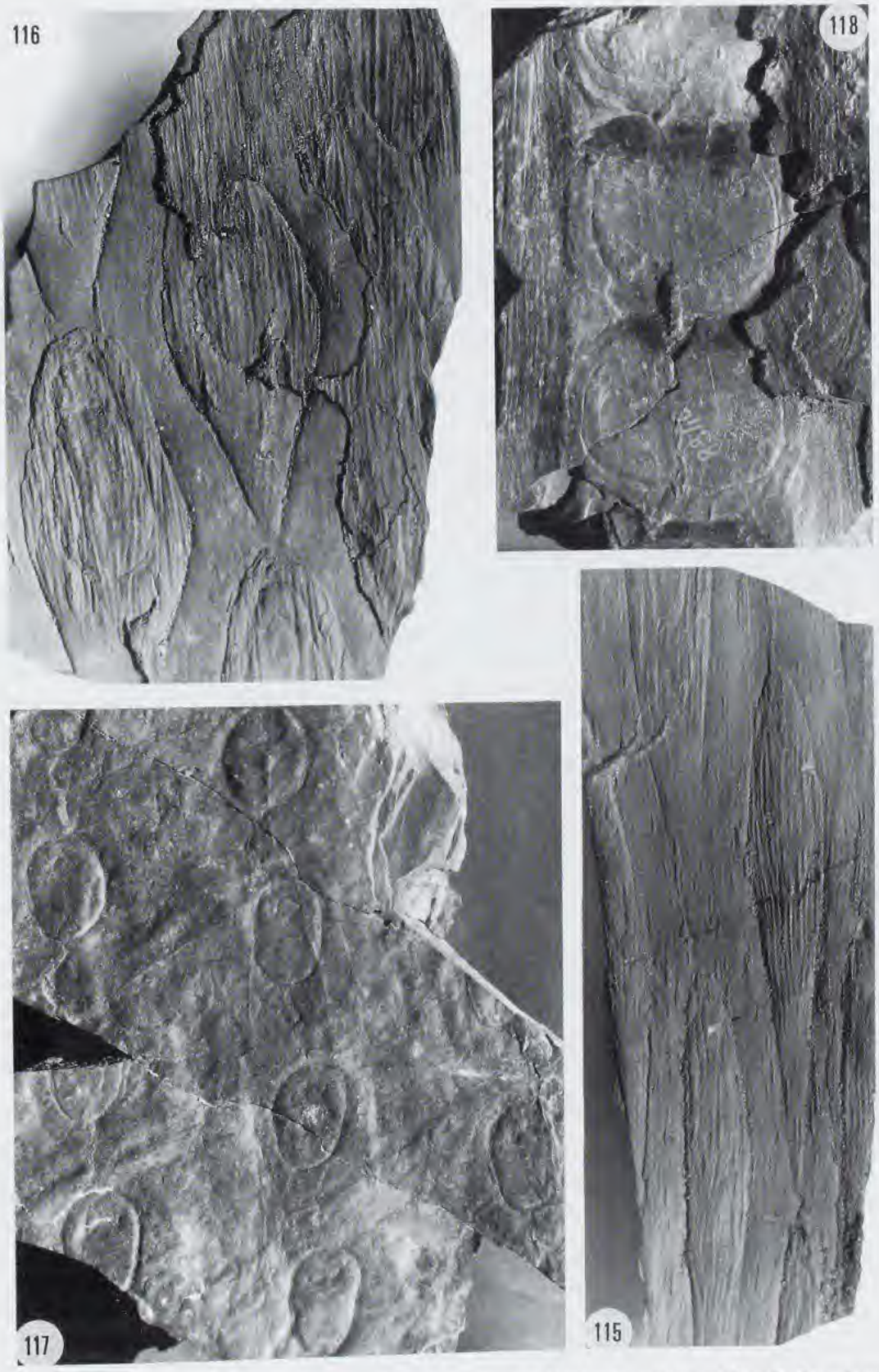


FIG. 115-118. — 115 (× 0,5) : *Caulopteris chaussatii* (Zeiller) Andrews et Doubinger ; 116 (× 0,5) : *Caulopteris macrodiscus* (Brongniart) Presl ; 117 (× 0,5) : *Caulopteris peltigera* Brongniart ; 118 (× 0,5) : *Megaphyton maclayi* Lesquereux.

Source : MNHN, Paris

Caulopteris macrodiscus (Brongniart) Presl, 1838
Fig. 116

« Sigillaria (Caulopteris) macrodiscus », BRONGNIART, 1836 : 418, pl. 139.
Caulopteris macrodiscus (Brongniart), PRESL *in* STERNBERG, 1838 : 172.
Ptychopteris incerta ?, GRAND'EURY, 1877 : 89.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LY 5, Saint-Étienne s. l. Cicatrices des gaines (environ 10 cm de long), larges de 3 à 4 cm, rapidement rétrécies en pointe vers le bas, tantôt fermées, tantôt étroitement ouvertes, peu distantes (partie sommitale du tronc ?). À rapprocher de MNHN 8355 (*P. incerta*).

RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Caulopteris peltigera Brongniart, 1836
Fig. 117

« Sigillaria (Caulopteris) peltigera », BRONGNIART, 1836 : 417, pl. 138.
Caulopteris peltigera, GRAND'EURY, 1877 : 85-86, pl. 9 (2).
Caulopteris peltigera, ANDREWS & DOUBINGER *in* BOUREAU, 1970 : 198, fig. 162.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 515. Faisceau de Bellevue (Combes 1). Les cicatrices dont on ne distingue nettement que la partie centrale (cicatrice du faisceau vasculaire) paraissent de ce fait relativement petites.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Genre *MEGAPHYTON* Artis, 1825

ESPÈCE-TYPE. — ***Megaphyton frondosum*** Artis, 1825.

Megaphyton, ARTIS, 1825 : 20, fig. 20.
Ptychopteris p.p., CORDA 1845 : 76.

Megaphyton maclayi Lesquereux, 1870
Fig. 118

« Megaphytum » Maclayi, LESQUEREUX, 1870 : 458, pl. 48.
« Megaphytum M'layi », GRAND'EURY, 1877 : 83, pl. 13 (3).
Megaphyton « Mac'layi », RENAULT *in* RENAULT & ZEILLER, 1888 : 358, pl. 40 (3, 4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8346, Saint-Étienne. Fragment d'écorce ornée de très grosses cicatrices bisériées montrant une trace vasculaire centrale en forme de fer à cheval. Empreinte à rapprocher des différentes formes de *Caulopteris*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne).

Source : MNHN, Paris

Organes sporangiés

Les espèces « filicophytiques » peuvent être classées :

— soit en considérant l'aspect externe des fructifications : *Acitheca polymorpha* (Brongniart) Schimper, 1879,
— soit en considérant la forme du feuillage stérile : *Pecopteris polymorpha* Brongniart, 1834.

Cette dernière forme qui correspond à la conservation courante en empreinte (ou « compression »), est évidemment celle qui se rencontre le plus souvent sur le terrain et qui sert exclusivement dans l'interprétation des travaux de sondage. C'est donc le second binôme qui est utilisé en priorité dans les listes permettant d'établir des corrélations stratigraphiques. Dans notre étude qui réunit à la fois les espèces « naturelles » et les morphographes, nous avons fait apparaître, ici, les relations qui existent entre les deux modes de classement, en notant, par exemple :

Acitheca polymorpha Schimper, 1879 ⇒ morpho-espèce *Pecopteris polymorpha* Brongniart, 1834.

Le feuillage stérile correspondant à la fructification *Acitheca polymorpha* Schimper sera traité, plus loin, dans le morpho-genre *Pecopteris* (Brongniart) Sternberg, 1825, partie du groupe artificiel des « Ptéridophylles ». Il est bien évident que ces deux descriptions qui se voudraient complémentaires, se traduisent, pour nombre de cas, par des « dénominations » qui dépendent de l'optique adoptée par le descripteur : plante située dans un ensemble systématique ou plante destinée à définir un faciès, voire un étage. Le lecteur botaniste ne manquera pas d'être surpris, choqué, par certaines incohérences nomenclaturales que le paléontologue déplore sans pour autant leur apporter une solution satisfaisante. La présente étude ne prétend pas pouvoir démêler tous « les écheveaux noués » dans une littérature où chacun à sa manière, et parfois avec maladresse, progresse en direction d'une solution idéale mais pratiquement inaccessible. À côté de rectifications qui peuvent aisément être adoptées et suivies par tous les paléobotanistes, l'ouvrage se limite à indiquer quelques pistes de recherches susceptibles, selon nous, de faciliter l'approche de problèmes plus complexes pour lesquels, tôt ou tard, il deviendra indispensable de déterminer, définitivement si possible, une position conforme au Code de Nomenclature.

Genre *Acitheca* Schimper, 1879 emend. Mosbrugger et Vogellehner, 1986

Schimper ne décrit pas d'espèce-type mais représente (fig. 66/4-7) le matériel de *Pecopteris angiotheca* de Grand'Eury.

Acitheca, Schimper, 1879
Acitheca, emend Mosbrugger & Vogellehner, 1986 : 127.

Acitheca polymorpha Schimper, 1879

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris polymorpha***, Brongniart, 1834

Genre *Asterotheca* Presl, 1845

Espèce-type. — ***Asterotheca sternbergii*** (Goeppert) Presl, 1845.

Asterotheca, Presl in Corda, 1845 : 89.

Source : MNHN, Paris

Asterotheca cf. *sternbergii* (Goeppert) Presl, 1845
Fig. 119, 120

Asterocarpus sternbergii, GOEPPERT, 1836, pl. 6 (1-4).
Asterotheca sternbergii (Goeppert), PRESL *in* CORDA, 1845 : 89.
Pecopteris truncata, ROST, 1839, p. 28.
Pecopteris truncata, GRAND'EURY, 1890 : 273, pl. 20 (1).
Pecopteris truncata, ZEILLER, 1906 : 42-44, pl. 10 (1).
Asterotheca sternbergii, BARTHEL, 1968 : 52, pl. 18 (1, 2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 278, Faisceau de Bellevue (Combes). Pinnules fructifiées longues, étroites, L = 12-18 mm, l = 3-4 mm, légèrement élargies à la base, un peu décurrentes ; très forte nervure médiane. *P. truncata*, proche de *P. platoni*, se distingue de celui-ci par ses synanges formés de 7-8 sporanges.

Espèce rare, assez mal connue, semble-t-il.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Asterotheca abbreviata Zeiller, 1886

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris abbreviata*** Brongniart, 1835

Asterotheca saraefolia Corsin, 1951

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris saraefolia*** Bertrand, 1928

Genre *CYATHOCARPUS* Weiss, 1869 emend. Mosbrugger, 1983

ESPÈCE-TYPE. — ***Cyathocarpus arborescens*** Weiss, 1869.

Cyathocarpus, WEISS, 1869 : 84.
? ***Cyathocarpus***, emend MOSBRUGGER, 1983 : 201.

Cyathocarpus arborescens Weiss, 1869

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris arborescens*** Brongniart, 1828

Cyathocarpus candolleanus Weiss, 1869

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris candolleana*** Brongniart, 1833

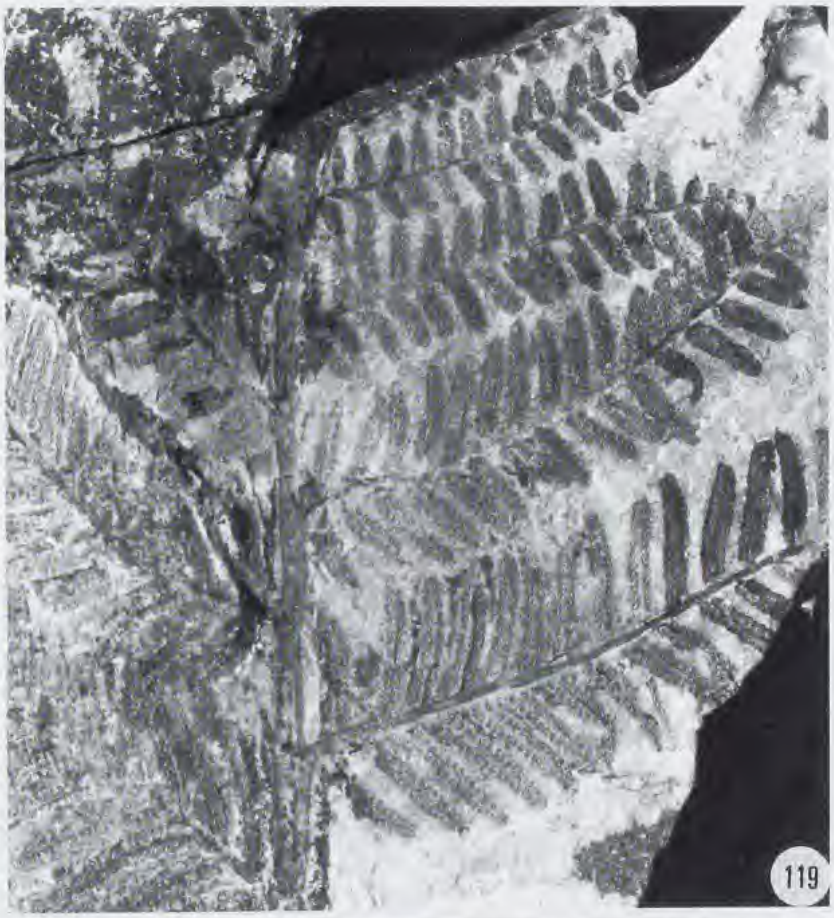
Cyathocarpus cyatheus Mosbrugger, 1983

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris cyathea*** Brongniart, 1833

Cyathocarpus hemitelioides Mosbrugger, 1983

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris hemitelioides*** Brongniart, 1833

Source : MNHN, Paris



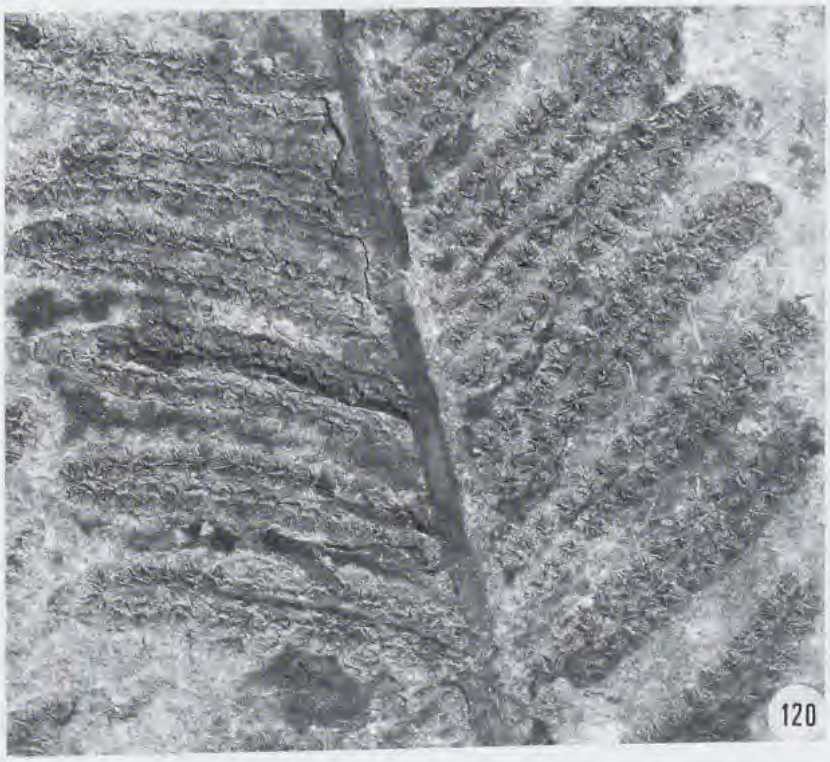


FIG. 119-120. — 119 (× 1), 120 (× 3) : *Asterotheca sternbergii* (Goeppert) Presl.

Source : MNHN, Paris

Cyathocarpus lepidorachis (Zeiller) Mosbrugger, 1983

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris lepidorachis*** Brongniart, 1834

Genre *DACTYLOTHECA* Zeiller, 1883

ESPÈCE-TYPE.- ***Dactylotheca dentata*** (Brongniart) Zeiller, 1883.

Dactylotheca, ZEILLER, 1883 : 184, pl. 9, fig. 12-15.

Dactylotheca plumosa (Artis) Kidston, 1886

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris plumosa*** Brongniart, 1832

Genre *GERMERA* Brousmiche, 1983

ESPÈCE-TYPE. — ***Germera mendescorreae*** (Teixera, 1939) Brousmiche, 1983.

Germera, BROUSMICHE, 1983 : 225.

Germera mendescorreae Brousmiche, 1983

⇒ morpho-espèce ***Sphenopteris mendes-correae*** Teixeira, 1939

Genre *GRANDEURYELLA* Weiss, 1885 emend. Lesnikowska & Galtier, 1992

ESPÈCE-TYPE. — ***Grandeuryella renaultii*** Weiss, 1885 emend. Lesnikowska et Galtier, 1992.

Grandeuryella, WEISS, 1885 : 492.
Grandeuryella, emend LESNIKOWSKA & GALTIER, 1992 : 308.

Grandeuryella renaultii Weiss, 1885 emend. Lesnikowska & Galtier, 1992
Fig. 122

« ***Pecopteris oreopteridia*** », RENAULT, 1883 : 110-11, pl. 19 (7-12).
« ***Pecopteris exigua*** », RENAULT, 1883 : 115, pl. 19.
« ***Grand'Eurya renaulti*** », STUR, 1883 : 677-681, fig. 12c., *nom. rej.*
Grandeuryella « renaulti », WEISS, 1885 : 492.
Grandeuryella renaultii, LESNIKOWSKA & GALTIER, 1992 : 299-315, pl. 1-3, 4 (22-28).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3523 (holotype), lames 2382, 3621, 3662 et coll. GRAND'EURY lame 63 (paratypes).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Cette espèce avait été initialement décrite par RENAULT (1883) comme un « *Pecopteris oreopteridia* » fertile silicifié (voir *supra*, révision en cours). Le nom de genre proposé par STUR est illégitime (homonyme postérieur) ; on a donc retenu celui proposé par WEISS pour des synanges à symétrie bilatérale attachés à des réceptacles vascularisés le long de pinnules très recourbées.

Grandeuryella, surtout voisin de *Eoangiopteris*, de *Millaya*, est peut-être équivalent du genre *Danaeites* connu en compressions.

Source : MNHN, Paris

Genre *Orthotheca* Corsin, 1951

Espèce-type. — ***Orthotheca saraepontana*** (Stur) Corsin, 1951.

Orthotheca, Corsin, 1951 : 241, pl. 128-131.

Orthotheca trevirani Corsin, 1951

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris treviranii*** (Goeppert) Presl, 1838

Genre *Renaultia* Zeiller, 1883

Espèce-type. — ***Renaultia chaerophylloides*** Zeiller, 1883

Renaultia, Zeiller, 1883 : 185, pl. 9, fig. 16-17.

⇒ morpho-espèce ***Sphenopteris chaerophylloides*** Brongniart 1828

Genre *Scolecopteris* Zenker, 1837 emend. Millay, 1979

Espèce-type. — ***Scolecopteris elegans*** Zenker, 1837.

Scolecopteris, Zenker, 1837 : 509, pl. 10.
Scolecopteris emend, Millay, 1979 : 3.

Scolecopteris globiforma Millay & Galtier, 1990
Fig. 123, 124, 125

Scolecopteris globiforma, Millay & Galtier, 1990 : pl. 1 (1-6), pl. 2 (7-10).

Matériel-type. — LPM, spécimen GC 638.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — Cette espèce est comparable à celles du groupe « *Altus* », *S. alta* Watson et *S. altissima* Mamay du Westphalien d'Angleterre et du Pennsylvanien américain. Elle est aussi très semblable à *S. unita* du Permien d'Autun qui avait été décrit sous le nom de *Ptychocarpus unitus* par Renault (1896).

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Scolecopteris intermedia (Renault, 1883) Lesnikowska & Galtier, 1991.
Fig. 126

Pecopteris intermedia, Renault, 1883 : 122-123, pl. 22 (8-11).
Sturiella intermedia, Weiss, 1885 : 492.

Source : MNHN, Paris

Sturiella intermedia, ANDREWS *in* BOUREAU, 1970 : 471, fig. 363.
Scolecopteris intermedia, LESNIKOWSKA & GALTIER, 1991 : 146, pl. 2, fig. 1-8.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2271 et 2297.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Cette espèce, correctement décrite comme un *Pecopteris* fertile par RENAULT, avait été séparée dans le genre *Sturiella* compte tenu de la présence supposée d'un annulus dans les sporanges. Cette interprétation n'est pas fondée et l'espèce est rattachée au genre *Scolecopteris* dans lequel elle se rapproche surtout de *S. bulbacea* Stubblefield.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Scolecopteris ripageriensis Grand'Eury, 1877

Scolecopteris ripageriensis, GRAND'EURY, 1877 : 73, pl. 8 (5).

MATÉRIEL-TYPE. — Non identifié avec certitude.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Pinnules avec des synanges pédicellés, peut-être identiques à *S. oliveri* du Permien d'Autun. Espèce à réviser.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Grand'Croix.

Scolecopteris subelegans Grand'Eury, 1877

Scolecopteris subelegans, GRAND'EURY, 1877 : 72-73, pl. 8 (3-4).

MATÉRIEL-TYPE. — Non identifié avec certitude.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

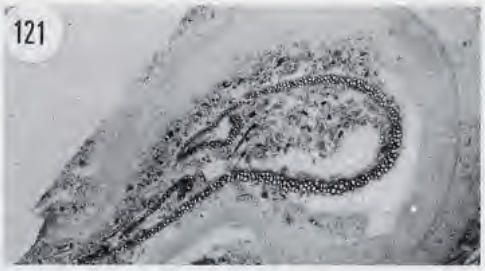
REMARQUE. — GRAND'EURY décrit les pinnules et les sporanges mais ne figure pas de vue superficielle des pinnules. Il considère cette espèce comme très semblable au *S. elegans* Zenker.

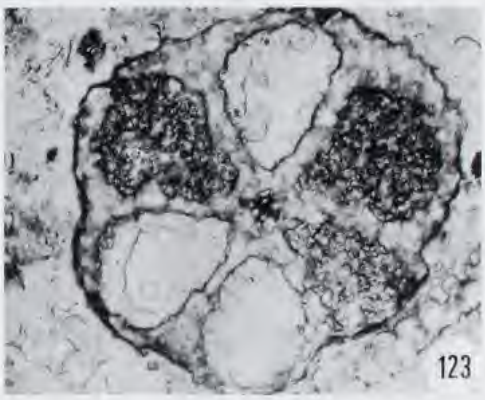
RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Grand'Croix. Assez commun.

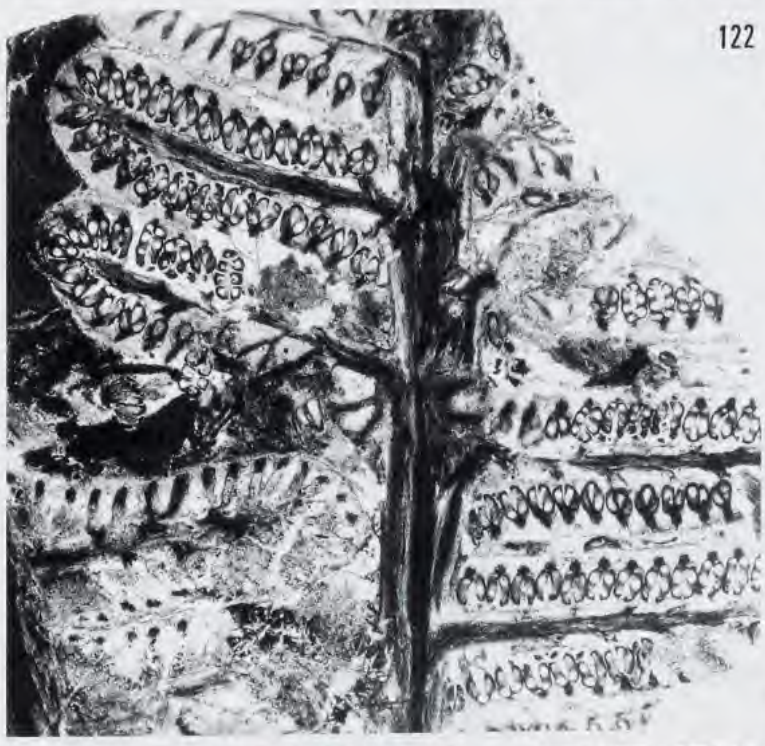
N. B. — Dans sa révision du genre *Scolecopteris*, MILLAY (1979) exclut les deux espèces précédentes (*S. ripageriensis* et *S. subelegans)* qu'il qualifie de « *species dubium* » car il considère, à juste titre, que la description de GRAND'EURY (1877) est trop laconique et les illustrations trop petites, l'ensemble ne fournissant pas d'informations suffisantes pour caractériser ces deux espèces.

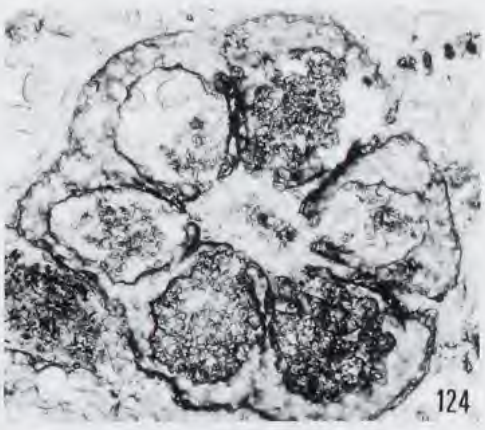
Néanmoins, la révision en cours des Marattiales de Grand'Croix montre qu'à côté des deux *Scolecopteris* récemment définis (*S. globiforma* et *S. intermedia*) existent au moins deux autres espèces, bien plus communes, l'une à synanges pédicellés semblable à *S. oliveri* et une ou deux autres voisines de *S. saharensis* et *S. elegans*.

Source : MNHN, Paris









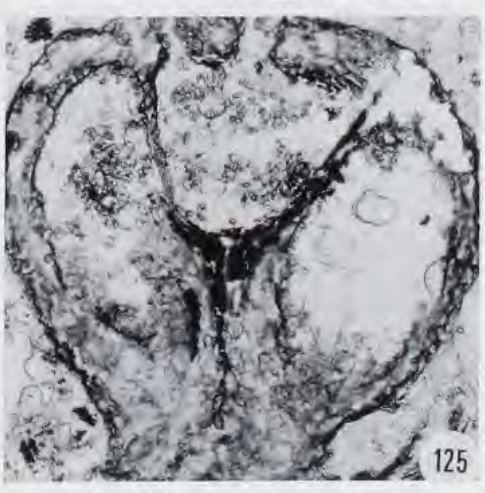


FIG. 121-127. — 121 (× 6) : *Stewartopteris* sp., pétiole, section transversale ; 122 (× 6) : *Grandeuryella renaultii*, penne fertile, section paradermale ; 123, 124, 125 (× 60) : *Scolecopteris globiforma*, synange, sections proximale (123) et à mi-hauteur (124) et section longitudinale (125) ; 126 (× 26) : *Scolecopteris intermedia*, pinnules fertiles, coupe transversale ; 127 (× 26) : *Pecopteris geriensis* Renault.

FIGS. 121-127. — 121 (× 6): Stewartopteris *sp., petiole, transverse section; 122 (× 6):* Grandeuryella renaultii, *fertile pinna, paradermal section; 123, 124, 125 (× 60):* Scolecopteris globiforma, *synangium, transverse sections proximal (123), in the median region (124) and longitudinal section (125); 126 (× 26):* Scolecopteris intermedia, *fertile pinnules, transverse section ; 127 (× 26) :* Pecopteris geriensis *Renault.*

Source : MNHN, Paris

Organes sporangiés à redéfinir

L'utilisation actuelle des binômes qui figurent dans cette rubrique n'est pas correcte. Le morpho-genre *Pecopteris* ne regroupe, en effet, que des formes connues en compression et ne saurait convenir à des fructifications perminéralisées. Nous avons donc rassemblé ici, très provisoirement, des « *Pecopteris* » fertiles dont la révision aboutira à la création de taxons nouveaux et distincts génériquement.

« *Pecopteris angiotheca* » Grand'Eury, 1877

« ***Pecopteris angiotheca*** », Grand'Eury, 1877 : 78, pl. 7 (6').

Cette espèce peut être identique à *P. oreopteridia* (révision en cours).
Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix) et ? Permien (Autun).

« *Pecopteris geriensis* » Renault, 1883
Fig. 127

« ***Pecopteris geriensis*** », Renault, 1883 : 127-128, pl. 22 (1-4).

Matériel-type. — MNHN, coll. Renault, lame 2278.

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel figuré. — MNHN, coll. Renault, lame 2278, b. 107. Cette section est une penne de dernier ordre qui correspond à la fig. 1, pl. 22 de Renault.

Remarque. — Ces frondes qui portent des synanges à très court pédicelle devront être transférées dans le genre *Scolecopteris*.
Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Assez rare.

« *Pecopteris heterosporites* » Renault, 1901

« ***Pecopteris heterosporites*** » (= *Pecopteris asterotheca* ?), Renault, 1901 : 339, pl. A (3-5).

Matériel-type. — Non observé.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — Organe sporangié sessile, peut-être un nouveau genre ; à réviser. N'est certainement pas hétérosporé comme le prétendait Renault.
Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare ?

Source : MNHN, Paris

ORDRE DES FILICALES

FAMILLE DES SCHIZAEACEAE

Genre *SENFTENBERGIA* Corda, 1845 emend. Mosbrugger et Vogellehner, 1986

ESPÈCE-TYPE. — ***Senftenbergia elegans*** Corda, 1845.

Senftenbergia, CORDA, 1845 : 91, pl. 57, fig. 1-6.
Senftenbergia emend, MOSBRUGGER & VOGELLEHNER, 1986 : 147.

Senftenbergia plumosa-dentata Corsin 1951

[? = *Senftenbergia plumosa* (Artis) Radforth, 1938]

⇒ morpho-espèce ***Pecopteris « plumosa-dentata »***, CORSIN, 1951

Senftenbergia plumosa var. *ligerensis* Grauvogel-Stamm et Doubinger, 1975

Fig. 128-133

Senftenbergia plumosa (Artis) Radforth var. ***ligerensis***, GRAUVOGEL-STAMM & DOUBINGER, 1975 : 415-421, fig. 2, pl. 37-41.

MATÉRIEL-TYPE. — Institut de Géologie et de Paléontologie de Strasbourg.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne, toit de la couche Manouse.

DESCRIPTION SOMMAIRE. — Six paires de petites pennes tertiaires (12 mm de long environ), toutes fertiles (fig. 128, 129). Pinnules courtes (2 mm de long) relativement larges (1,5 mm) qui semblent totalement dépourvues de limbe et réduites aux nervures et aux sporanges. Chaque pinnule porte au moins 20 sporanges disposés sans ordre apparent (fig. 130, 131).

Les sporanges présentent les caractères du genre *Senftenbergia* Corda. Le traitement à l'acide fluorhydrique a libéré des spores trilètes, de contour ovale à circulaire : *Raistrickia polymorpha* Grauvogel-Stamm et Doubinger, 1975 (coll. Institut Géol. Paléont. de Strasbourg, lame L 6103) (fig. 132, 133).

Cette fructification correspondrait à la morpho-espèce *Pecopteris plumosa* Brongniart.

ORDRE DES FILICALES

FAMILLE DES GLEICHENIACEAE

Genre *OLIGOCARPIA* Goeppert, 1841

ESPÈCE-TYPE. — ***Oligocarpia gutbieri***, Goeppert, 1841.

Oligocarpia, GOEPPERT, 1841 : 57, pl. 4, fig. 1,2.

Oligocarpia gutbieri Goeppert, 1841

⇒ morpho-espèce ***Sphenopteris gutbieri*** (Goeppert) Alvarez-Ramis, 1965

Source : MNHN, Paris

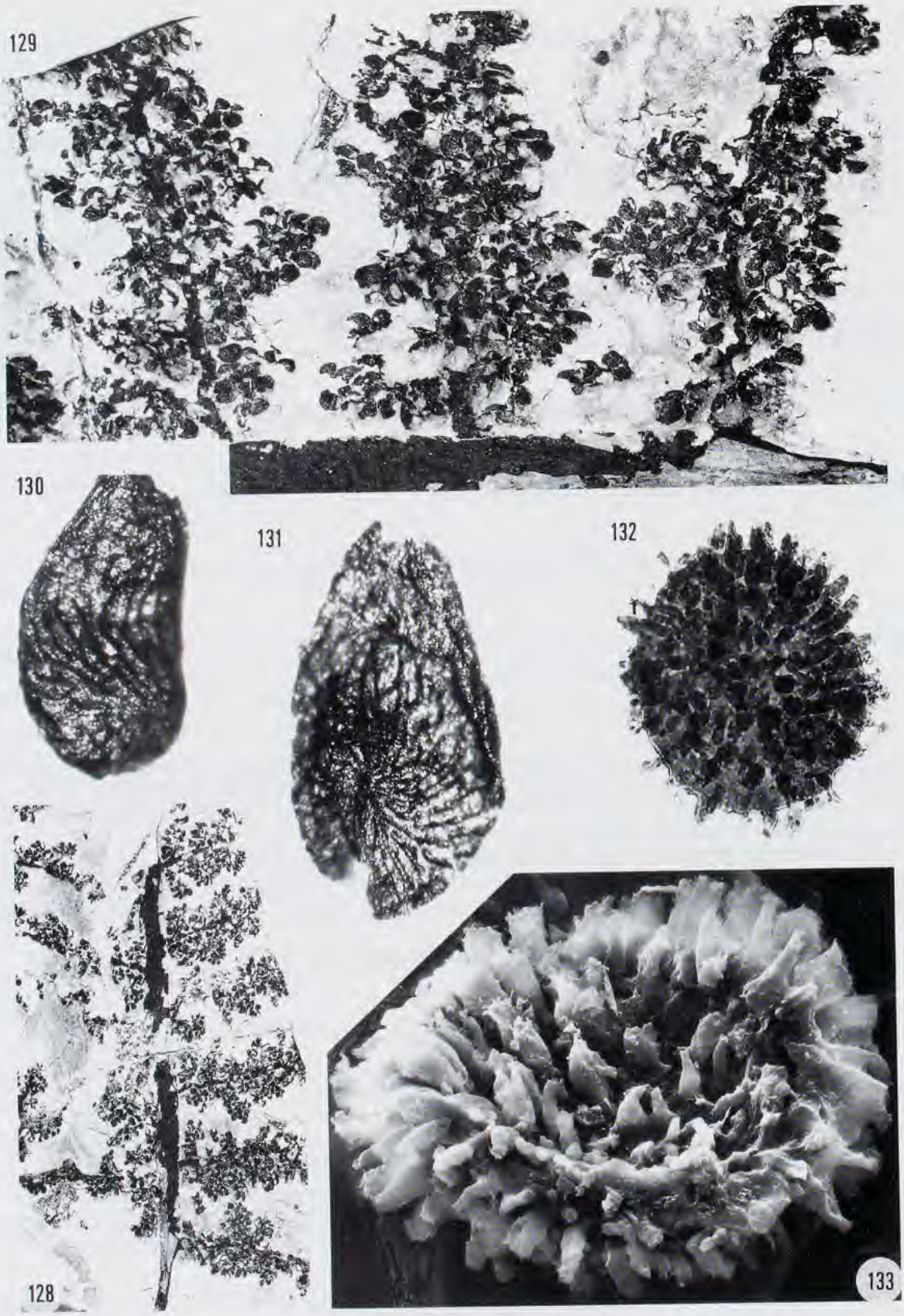


FIG. 128-133. — 128 (× 3), 129 (× 10), 130, 131 (× 25), 132 (× 500), 133 (× 1200) : *Senftenbergia plumosa* var. *ligeriensis* Grauvogel-Stamm et Doubinger ; 130,131 : sporange ; 132, 133 : *Raistrickia polymorpha* = spores in situ.

FIGS. 128-133. — 128 (× 3), 129 (× 10), 130, 131 (× 25), 132 (× 500), 133 (× 1200): Senftenbergia plumosa *var.* ligeriensis *Grauvogel-Stamm et Doubinger*; 130, 131: *sporangium*; 132, 133 : Raistrickia polymorpha = *in situ spores.*

Source : MNHN, Paris

Oligocarpia leptophylla Grauvogel-Stamm & Doubinger, 1975

Oligocarpia leptophylla, GRAUVOGEL-STAMM & DOUBINGER, 1975 : 406-421.
Oligocarpia leptophylla, BROUSMICHE, 1983 : 251.

⇒ morpho-espèce ***Sphenopteris leptophylla*** (Bunbury) Alvarez-Ramis, 1965

FILICOPHYTA INCERTAE SEDIS

Genre *PARKERIOIDEA* Renault, 1901

ESPÈCE-TYPE. — ***Parkerioidea stephanensis*** Renault, 1901.

Parkerioidea, RENAULT 1901 : 350.

Parkerioidea stephanensis Renault, 1901

Parkerioidea stephanensis, RENAULT, 1901 : 350.
Parkerioidea stephanensis, RENAULT, 1902 : 104, pl. 6 bis (4), 7 bis (1-7).

MATÉRIEL-TYPE. — Non retrouvé.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — RENAULT illustre des pinnules portant des sporanges pédicellés à anneau transversal. Les spores trilètes sont triangulaires et à exine réticulée.

Le genre n'a pas été retenu par ANDREWS & BOUREAU (1970).

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

PTÉRIDOPHYLLES À RAPPROCHER DES FILICOPSIDES EUSPORANGIÉES

FORMES PÉCOPTÉRIDIENNES

Nous avons vu que les espèces « filicophytiques » pouvaient être classées soit en considérant l'aspect externe des fructifications : *Acitheca polymorpha* Schimper, 1879, soit en considérant la forme du feuillage stérile : *Pecopteris polymorpha* Brongniart, 1834 et, dans l'étude des organes sporangiés qui précède, nous avons fait apparaître ces relations de la manière suivante :

Acitheca polymorpha Schimper, 1879
⇒ morpho-espèce ***Pecopteris polymorpha*** Brongniart, 1834

L'exemple choisi se rapporte à un cas simple (relativement simple, voir plus loin la proposition de WAGNER). Par contre, des situations autrement plus complexes, héritières d'un passé foisonnant de recherches, existent et se perpétueront aussi longtemps que des études exhaustives de certains taxons ne seront pas entreprises. Encore faudrait-il tenir compte du fait que des remaniements par trop drastiques s'imposent difficilement et créent plus de problèmes qu'ils n'en résolvent. Des confusions de tous ordres où se mêlent les incertitudes typologiques, les contraintes de la prospection de terrain, les difficultés d'identification, les interprétations hâtives de documents iconographiques, se rencontrent dans la littérature et sont à la source d'exceptions qui défient les règles actuelles de la nomenclature. Pour illustrer ce propos, il suffit de prendre comme exemple un taxon que nous désignons par :

Pecopteris arborea Sternberg, 1825

Le binôme utilisé ici se justifie de la manière suivante :

Source : MNHN, Paris

— SCHLOTHEIM (1804, pl. VIII, fig. 13 ; 1820, 403) figure et décrit *Filicites arborescens*. Ces publications, antérieures au 31 décembre 1820, ne sont pas valides (Code, art. 13) ;

— En 1822, BRONGNIART crée la section *Pecopteris* au sein du genre *Filicites* ;

— STERNBERG (1825, 4, p. XVIII) se réfère à la publication de SCHLOTHEIM et utilise pour désigner *Filicites arborescens*, une combinaison binaire : *Pecopteris arborea*, accompagnée d'une brève description (première publication valide du nom de l'espèce) ;

— BRONGNIART utilise, en se référant à SCHLOTHEIM, le binôme *Pecopteris arborescens* (1828 : 56) sans description ni figuration ; BRONGNIART semble ignorer le travail de STERNBERG.

— En 1833, BRONGNIART donne alors une diagnose de *Pecopteris arborescens* (p. 310, pl. 102, fig. 1-2, pl. 103, fig. 2-3) en se référant une nouvelle fois à SCHLOTHEIM.

Cette deuxième combinaison est à rejeter bien qu'elle ait été préférée, dans la littérature postérieure, au binôme *Pecopteris arborea* créé par STERNBERG (Code, art. 62).

Citation ZODROW (1990 : 11) :
« ***Pecopteris arborescens*** (Schlotheim 1804) Sternberg 1825 ».

Citation MOSBRUGGER & VOGELLEHNER (1986 : 103) :
« ***Cyathocarpus arborescens*** Brongniart) Weiss ».

Le genre *Cyathocarpus* Weiss, 1869 emend. Mosbrugger, 1983 (genre de forme) correspond à une fructification connue en empreinte (ou « compression »).

Citation BARTHEL (1976 : 42) :
« ***Scolecopteris arborescens*** (Schloth.) Stur ».

Le genre *Scolecopteris* Stur, 1883 est fondé sur une fructification perminéralisée.

Citation ZEILLER (1888 : 111) :
« ***Pecopteris (Asterotheca) arborescens*** Schlotheim (sp.) ».

La combinaison proposée par ZEILLER est loin d'être conforme aux règles actuelles de la nomenclature : la mention *Asterotheca* correspondrait, ici, à un sous-genre ou une section, ce qui n'est pas le cas. L'auteur fait référence à une classification « naturelle » dans laquelle le genre (genre de forme) *Asterotheca* Presl, 1845 est fondé sur une fructification connue en empreinte (PRESL, *in* CORDA, 1845). Le binôme *Asterotheca arborescens* serait donc acceptable (à l'instar du binôme *Scolecopteris arborescens*), mais le genre n'est pas pris en considération par tous les auteurs (MOSBRUGGER & VOGELLEHNER, par exemple).

Ce mode de désignation, trinominal ou ternaire pourrait-on dire, paraît avoir été utilisé pour la première fois dans la « Flore du bassin houiller de Valenciennes » (ZEILLER, 1886) : *Pecopteris (Dactylotheca) dentata*. GOTHAN (1919), HALLE (1927) suivront cet exemple. Le Congrès de Stratigraphie de Heerlen (1935) entérinera cette écriture et CORSIN (1951 : 180), pour se conformer à la décision prise, indiquera « entre parenthèses à côté du nom de genre artificiel basé sur la forme, le nom de genre rationnel d'après les fructifications, lorsqu'on connaît celles-ci bien entendu ». La littérature paléobotanique récente offre bien des exemples d'utilisation de « trinômes » semblables (DALINVAL, 1960 ; VETTER, 1968 ; WAGNER, 1958, 1971 ; MOSBRUGGER & VOGELLEHNER, 1981 ; KNIGHT, 1985) dans la ligne du Congrès de Heerlen dont l'initiative est, semble-t-il, ignorée par le Code International de la Nomenclature Botanique (Berlin, 1987). La désignation paléobotanique « trinominale » est-elle implicitement admise ou condamnée ?

Genre *PECOPTERIS* Brongniart 1822

ESPÈCE-TYPE. — ***Pecopteris pennaeformis*** Brongniart, 1822.

Filicites, SCHLOTHEIM, 1804 : pl.7, fig. 11
Filicites, SCHLOTHEIM, 1820 : 403.
Pecopteris, BRONGNIART, 1822 : 223.
Pecopteris, STERNBERG, 1825, xvii.
Lobatopteris, WAGNER, 1958a : 22.
Polymorphopteris, WAGNER, 1958b : 29.

Source : MNHN, Paris

RÉFLEXIONS SUR LE GENRE *PECOPTERIS*. — On doit à BRONGNIART (1822) la première utilisation du terme *Pecopteris* pour désigner une section du genre *Filicites* créé par SCHLOTHEIM (1804) ; peu après, le genre *Pecopteris* a été défini par STERNBERG (1825). Les remaniements dont le genre a fait l'objet sont rapportés en détail dans les études de CORSIN (1951 : 177-181), DALINVAL (1960 : 13-31), BOUREAU & DOUBINGER (1975 : 25-28), KNIGHT (1985 : 3-6).

Tous ceux, paléobotanistes ou stratigraphes, qui, d'une manière ou d'une autre, ont été confrontés au monde pécoptéridien n'ont sans doute pas manqué de s'interroger sur son manque d'homogénéité ainsi que son hypertrophie sans cesse accrue par la description d'espèces nouvelles. De nombreuses tentatives de classement des formes stériles se sont succédé et parmi celles-ci nous pouvons rappeler la révision (CORSIN, 1947, 1951) de la famille des Pécoptéridées définie par SCHIMPER (1869), la création de deux nouveaux genres *Lobatopteris* et *Polymorphopteris* Wagner (WAGNER, 1958 a et b ; SHUTE & CLEAL, 1989), la tentative d'analyse cladistique par MOSBRUGGER (1986), l'étude des frondes stériles des *Pecopteris* cyathéoïdes voisins de *P. arborescens* par ZODROW (1990).

Si l'on adopte le point de vue de WAGNER, certains des *Pecopteris* recensés dans le Bassin de Saint-Étienne pourraient être désignés de la manière suivante, d'après l'auteur :

Lobatopteris lamuriana (Heer) Wagner, 1958

Lobatopteris vestita (Lesquereux) Wagner, 1958

Lobatopteris (Asterotheca) viannae (Teixeira) Wagner, 1958

Polymorphopteris polymorpha (Brongniart) Wagner, 1958

Polymorphopteris subelegans (Potonié) Wagner, 1958.

Malheureusement, tous les essais, même les mieux argumentés, n'apportent que des solutions partielles au problème pécoptéridien. MOSBRUGGER, ZODROW ne cachent pas les difficultés rencontrées, ce qui est louable. Une quelconque approche des « ptéridophylles », aussi scrupuleuse soit-elle, échappe difficilement aux pièges multiples que dissimule une littérature surabondante. En effet, les études se concentrent sur des échantillons recueillis dans des gisements limités dans le temps ou dans l'espace ; mais peut-il en être autrement ? Or les *Pecopteris* échappent manifestement au temps et à l'espace. Viennent s'ajouter les contraintes de la récolte qui se borne toujours à des fractions, parfois très restreintes, d'un individu végétal dont on connaît par ailleurs l'importance des dimensions et à ce sujet on peut rappeler ZODROW (1990 : 11) rapportant l'observation par DARRAH d'une fronde de *P. « arborescens »* qui ne mesurait pas moins de 7,2 m de long sur 3,8 m de large.

Pecopteris abbreviata Brongniart, 1835
Fig. 134-136

Pecopteris abbreviata, BRONGNIART, 1835 : 337, pl. 115 (1-4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 201 (BL 60.03), SEM 202 (BL 60.04), Rive de Gier (Grande Masse). Nous avons conservé cette espèce bien que CORSIN (1951) et DALINVAL (1960) considèrent *P. abbreviata* comme synonyme de *Pecopteris miltonii*. On remarquera la nervure principale non décurrente, les nervures secondaires apparemment simples. De même, les pennes n -1 se terminent abruptement, ce qui n'est pas le cas pour les échantillons de *P. abbreviata* figurés par DALINVAL. Néanmoins, le matériel examiné par ce dernier auteur paraît plus proche de l'échantillon de Saint-Étienne que celui de CORSIN (largeur du rachis n -1, taille des pinnules).

Il reste que, pour DALINVAL, *Pecopteris miltonii* « n'est pas une espèce stéphanienne mais caractérise surtout le Westphalien moyen ».

Des fructifications ont été décrites sous le nom d'*Asterotheca* : « *Pecopteris (Asterotheca) abbreviata* » (ZEILLER, 1886 : 186, pl. 24), « *Pecopteris (Asterotheca) miltonii* », (DALINVAL, 1960 : 133-143, fig. 24-25, pl. 32-40).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien, Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

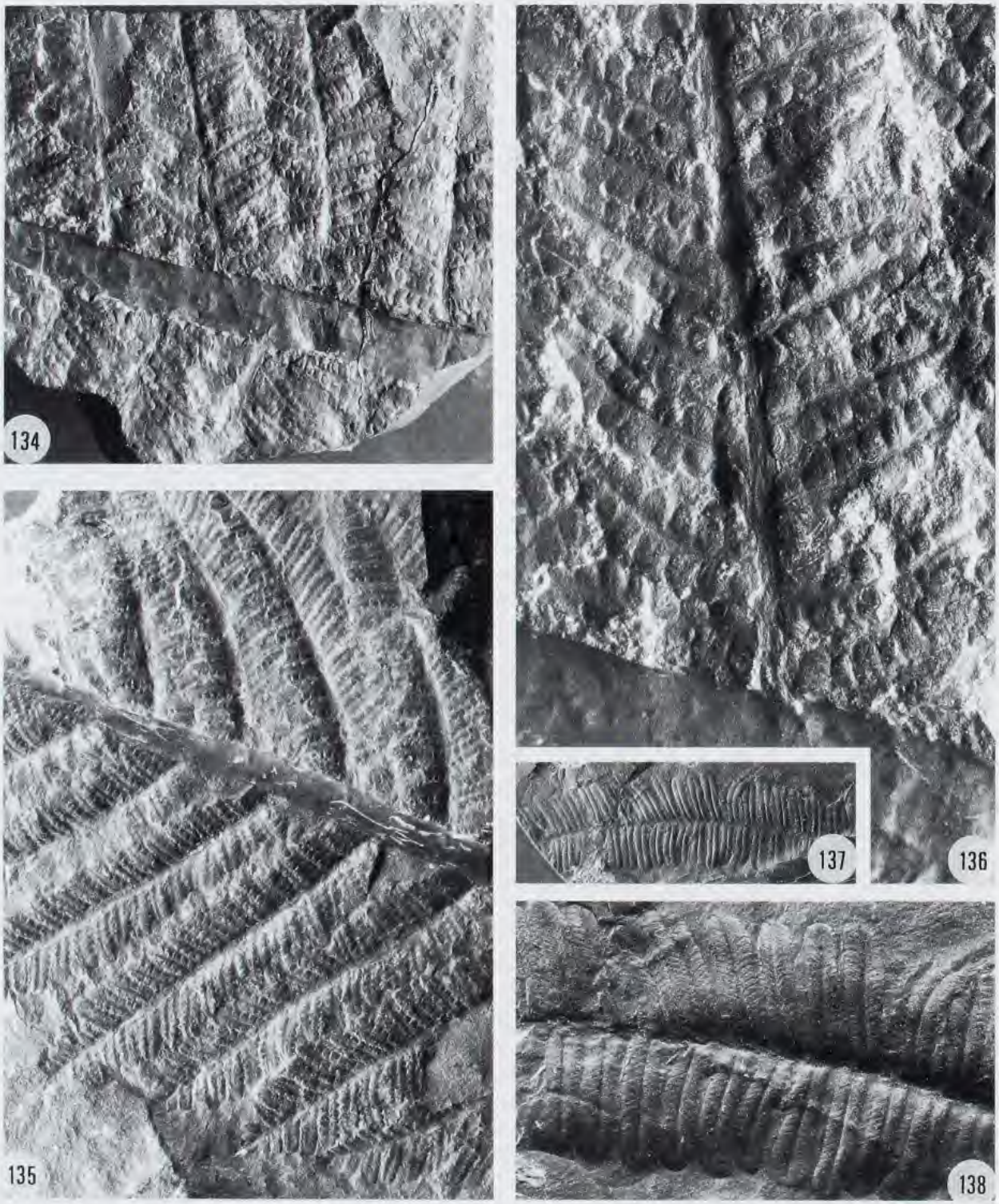


FIG. 134-138. — 134, 135 (× 1), 136 (× 3) : *Pecopteris abbreviata* Brongniart ; 137 (× 1), 138 (× 3) : *Pecopteris affinis* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris affinis Sternberg, 1825
Fig. 137, 138

Pecopteris affinis, BRONGNIART, 1833 : 306, pl. 100 (1).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 203, sondage 29, Saint-Étienne. Échantillon de petite taille, de qualité médiocre, sur lequel la division des nervures latérales n'est pas facile à observer.

REMARQUE. — BRONGNIART hésite à considérer *P. affinis* comme une espèce distincte de *P. cyathea*. Pour sa part, GRAND'EURY (1877 : 69) considérait *P. affinis* comme synonyme de *P. candolleana* Brongniart ; *P. affinis* n'apparaît donc pas dans les listes dressées par cet auteur.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D au Stéphanien.

Pecopteris arborea Sternberg, 1825
Fig. 139

Pecopteris arborea, STERNBERG, 1825, 4 : 18.
Pecopteris arborescens, BRONGNIART, 1833 : 310, pl. 102 (1-2), 103 (2-3).
Pecopteris arborescens, ZODROW, 1990 : 11-15, fig. 1a, 5a-c-d, 6, pl. 2 (1, 2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 207 (BL 61.25), assise de Rive de Gier (toit de la Bâtarde). Penne n longuement acuminée ; extrémité aiguë. Rachis n et n -1 non visibles. Pinnules alternes, insérées perpendiculairement au rachis, presque pas adhérentes entre elles. Nervure principale également perpendiculaire au rachis support, bien marquée ; nervures latérales, obliques, simples, espacées.

REMARQUE. — La localité-type de cette espèce appartient au Rotliegende inférieur, comme le rappelle BARTHEL (1976, 1980). Certes, le risque de confusion entre les extrémités de pennes de *Pecopteris cyathea* (pinnules à nervation simple) et celles de *P. arborea* n'est pas négligeable ; à cet égard, les remarques de CORSIN (1951) sont judicieuses. Cependant, pour cet auteur, « *P. arborescens* ne dépasse guère le Stéphanien A » et deviendrait extrêmement rare au-dessus de l'assise de Rive de Gier ; cet avis ne saurait être retenu car il est clair que cette espèce peut se rencontrer dans tout le Stéphanien et à la base du Permien (holotype).

ZODROW (1990 : 14), qui a examiné à Berlin l'holotype de « *P. arborescens* », reprend la diagnose de la forme stérile et rejette toute possibilité de confusion avec *P. cyathea* (mais il ne s'agit sans doute pas du *P. cyathea* de BRONGNIART, comme nous le verrons plus loin). ZODROW utilise alors le binôme *Pecopteris arborescens* (Schlotheim) Sternberg, 1825. D'autres auteurs adoptent une taxonomie « naturelle ». MOSBRUGGER & VOGELLEHNER (1986) considèrent la forme fructifiée, en compression : *Cyathocarpus arborescens* (Brongniart) Weiss 1869, tandis que BARTHEL (1976) préfère *Scolecopteris arborescens* (Schlotheim) Stur 1883 fondé sur les structures fructifiées *Scolecopteris* décrites par ZENKER (1837). Quant à ZEILLER (1888 : 111), il retient, pour sa part, une troisième forme de fructification en compression : *Asterotheca* Presl, 1845 et emploie la combinaison : *Pecopteris (Asterotheca) arborescens* qui n'est pas correcte (voir discussion en tête de ce chapitre).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D à Permien (Zodrow, 1990 : 17).

Source : MNHN, Paris

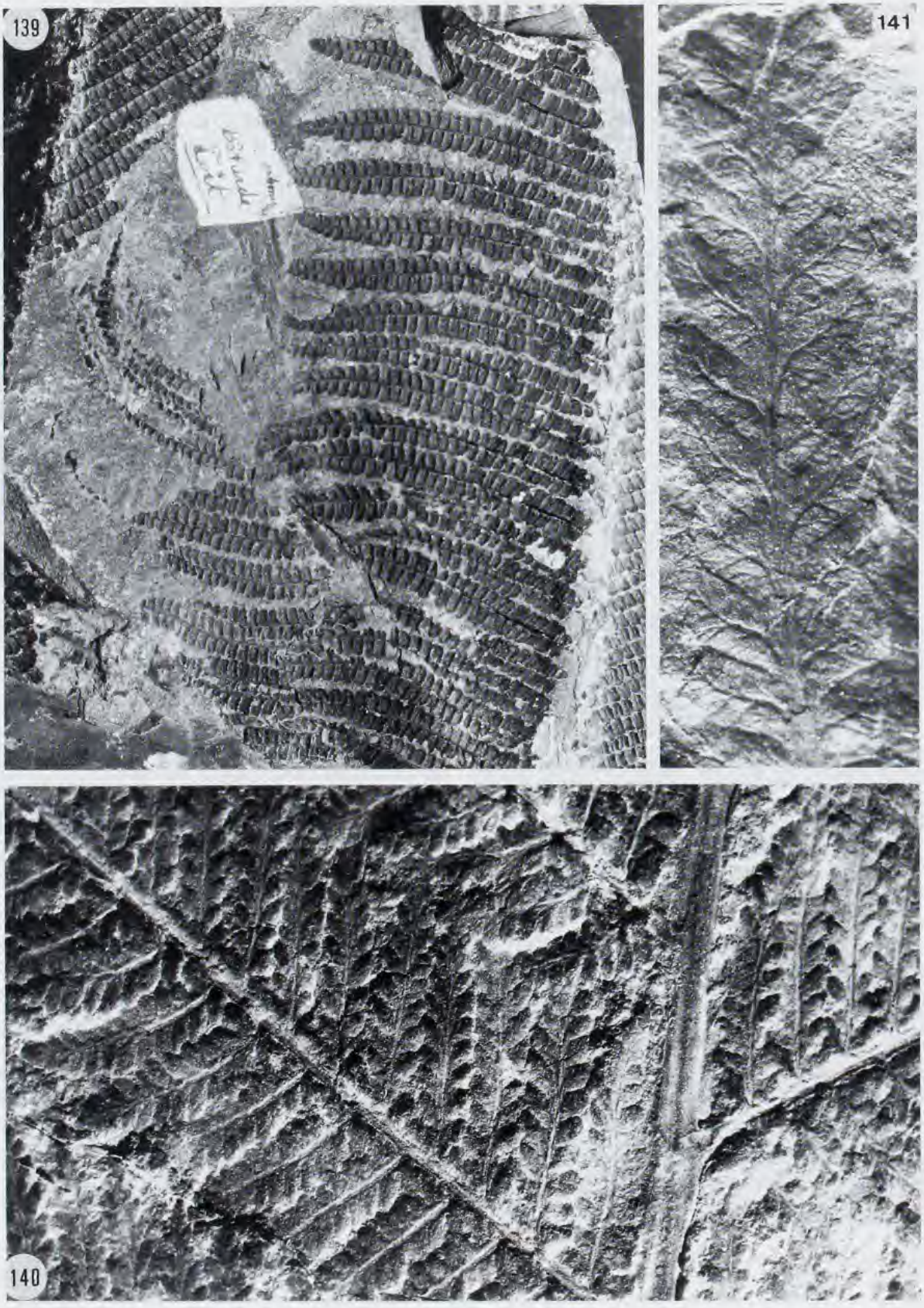


FIG. 139-141. — 139 (× 1) : *Pecopteris arborea* Sternberg ; 140 (× 3), 141 (× 6) : *Pecopteris biotii* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris biotii Brongniart, 1836
Fig. 140, 141

Pecopteris biotii, BRONGNIART, 1836 : 341, pl. 117 (1).
Pecopteris microphylla, BRONGNIART, 1836 : 340, pl. 117 (2).
Pecopteris « bioti », CORSIN, 1951 : 208-210, pl. 196 (2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 785, coll. BRONGNIART, matériel-type (fig. 140) ; SEL A2G-92 (fig. 141), Saint-Étienne s.l. Pinnules petites (longueur = 2-3 mm, largeur = 1,5 mm) ; obliques, adhérentes à la base ; bords convergents, sommet arrondi. Nervure médiane oblique, voire décurrente, nervures latérales une fois divisées, espacées, obliques.

REMARQUE. — *P. biotii*, échantillon de Commentry figuré par ZEILLER (1888 : 99, pl. 9) serait en fait « *P. plumosa-dentata* » selon KIDSTON (1924 : 300) et CORSIN (1951 : 210).

Pecopteris boutonnetii Zeiller, 1888
Fig. 142, 143

Pecopteris boutonnetii, ZEILLER, 1888, 109-111, pl. 9 (5)

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 210 (BL 50.01), La Talaudière (La Chazotte, Fendue Forestière). Pennes d'ordre n contiguës ou se recouvrant légèrement, d'aspect assez lâche. Pinnules séparées, légèrement décurrentes, triangulaires, presque falciformes. Nervure médiane bien marquée, légèrement flexueuse ; nervures latérales non visibles. Pinnules fertiles marquées en dessus, à égale distance entre la nervure médiane et le bord du limbe, d'une série de petites dépressions punctiformes.

Pour ZEILLER, ces dépressions « correspondent évidemment à l'insertion de sporanges » (ceux-ci n'ont cependant jamais été observés). Selon ce même auteur, *P. boutonnetii* se distingue de *P. biotii* par la forme de la pinnule basilaire qui « est presque auriculée ». Or, nous venons de voir que l'identification de *P. biotii* par ZEILLER était contestée par KIDSTON et par CORSIN.

Sur l'échantillon figuré, on remarquera une penne n bifide. On notera également l'absence de pinnules stériles.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Pecopteris candolleana Brongniart, 1833
Fig. 144, 145

Pecopteris candolleana, BRONGNIART, 1833 : 305, pl. 100 (1).
Pecopteris « candollei », ZEILLER, 1888 : 128, pl. 10 (3).
Pecopteris « candollei », DOUBINGER, 1975, 4-2 : 52-54, fig. 29.
Pecopteris candolleana, *auct. non* Brongniart, GRAND'EURY, 1877 : 69, pl. 8 (8).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8331. Saint-Étienne, faisceau de Beaubrun (Fendue des Rochettes). Sur les deux échantillons, on observe les pinnules longues, séparées, légèrement arquées, adhérentes à la base, plus nettement décurrentes sur SEM 211. Nervation bien marquée ; la nervure médiane large, perpendiculaire, parfois oblique, atteint le sommet de la pinnule ; les nervures latérales sont le plus souvent une fois divisées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien, Permien d'Europe.

Source : MNHN, Paris

FIG. 142 (× 1), 143 (× 3) : *Pecopteris boutonnetii* Zeiller.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris clintonii Lesquereux, 1880

Pecopteris « clintoni », LESQUEREUX, 1880 : 251, pl. 42 (1-5).
Pecopteris « clintoni », CORSIN, 1951 : 281-282, fig. 70, pl. 196.

P. clintonii présente quelques ressemblances avec *P. subelegans ;* en particulier la même décurrence de la nervure principale. Cependant, les nervures latérales ne se divisent que deux fois chez *P. clintonii*. Nervation fine dans l'ensemble.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Pennsylvanien (U.S.A.), Stéphanien d'Europe. Assez rare.

Pecopteris cyathea Brongniart, 1833
Fig. 146, 149, 150

Pecopteris cyathea, BRONGNIART, 1833 : 307, 51 (1-4).
Pecopteris cyathea, ZEILLER, 1879, pl. 169.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LY 10 (fig. 146, déjà figuré par ZEILLER, 1879), faisceau de Beaubrun ; SEM 215 (fig. 149, 150), faisceau de Beaubrun (Varenne). L'échantillon SEM 215 est très caractéristique avec des pennes d'ordre n contiguës, des rachis d'ordre n étroits et des rachis n -1 larges. Les pinnules longues, à bords parallèles, sont perpendiculaires à l'axe de la penne. Nervation bien marquée : la nervure médiane, large, perpendiculaire au rachis, atteint le sommet de la pinnule. Les nervures latérales, très obliques, se divisent une fois près de la nervure médiane sous un angle aigu.

Fructifications décrites sous le nom d'*Asterotheca cyathea* (compression) par SCHIMPER (1879 : 90, fig. 65/3-5).

REMARQUE. — ZODROW (1990 : 25) argumente à partir de *P. cyathea* (Schlotheim, 1804) emend. Stur, 1883 qu'il estime être différent de *P. cyathea* Brongniart, 1833. Or, d'après le Code international de la nomenclature botanique (1987, article 13), la validité des noms des plantes fossiles est censée débuter le 31 décembre 1820 (STERNBERG, Flora der Vorwelt) et l'on « considère que l'ouvrage de SCHLOTHEIM, Petrefactenkunde, 1820, est antérieur au 31 décembre 1820 », *a fortiori* l'ouvrage daté de 1804. Le *P. cyathea* auquel se réfère ZODROW n'est donc pas valide.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Espèce cosmopolite du Westphalien au Permien.

Pecopteris daubreei Zeiller, 1888
Fig. 147, 148

Pecopteris daubreei, ZEILLER, 1888 : 147-151, pl. 15 (1-5).
Pecopteris daubreei, ZEILLER, 1906 : 40-42, pl. 9 (1-4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 276, horizon 18[e] Gruner. Pinnules contiguës, perpendiculaires, adhérentes à la base, bords parallèles, sommet arrondi. Nervation visible sur la face inférieure ; nervure médiane nette, jusqu'au sommet ; nervures latérales simples ou une fois divisées au tiers (parfois, deux divisions), obliques.

Sur l'échantillon figuré qui ne montre qu'une portion de penne n, la nervure médiane est perpendiculaire au rachis.

Source : MNHN, Paris

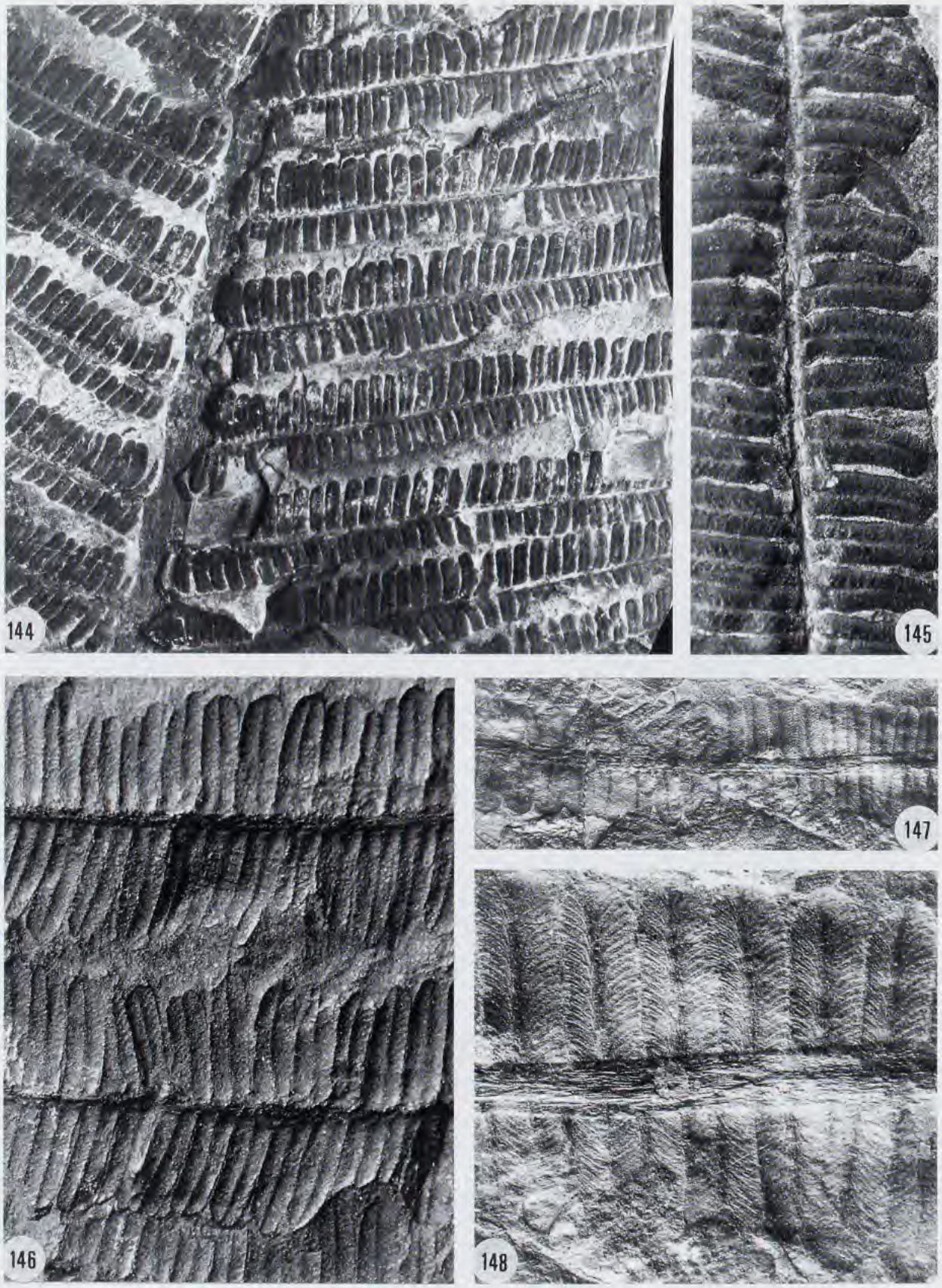


FIG. 144-148. — 144 (× 1), 145 (× 3) : *Pecopteris candolleana* Brongniart ; 146 (× 3) : *Pecopteris cyathea* Brongniart ; 147 (× 1), 148 (× 3) : *Pecopteris daubreei* Zeiller.

Source : MNHN, Paris

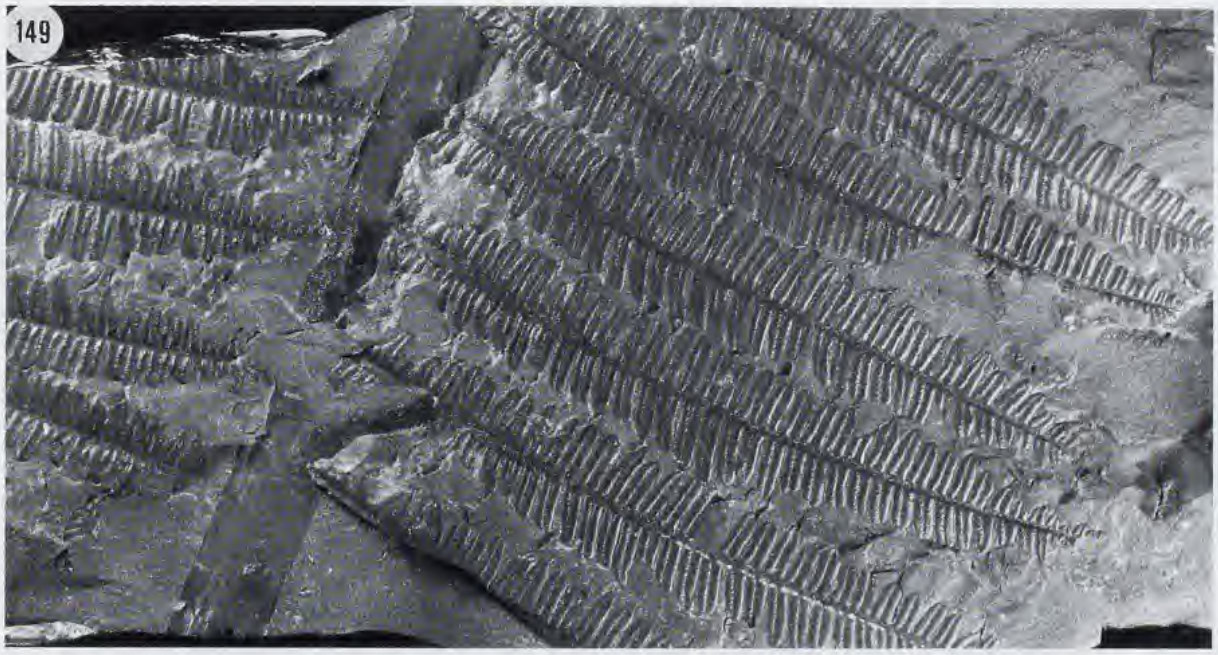


FIG. 149-151. — 149 (× 1), 150 (× 3) : *Pecopteris cyathea* Brongniart ; 151 (× 3) : *Pecopteris densifolia* (Goeppert) Weiss.

Source : MNHN, Paris

REMARQUE. — L'échantillon SEM 219 rassemble un fragment de penne n rapporté à *Pecopteris daubreei* et une feuille de *Sphenophyllum thonii*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien A-B-C du Massif Central français.

Pecopteris densifolia (Goeppert) Weiss, 1869
Fig. 151

Cyatheites densifolius, GOEPPERT, 1864 : 120, pl. 17 (1-2).
Pecopteris densifolia (Goeppert) WEISS, 1869 : 65.
Pecopteris densifolia, ZEILLER, 1888 : 152-155, pl. 16 (1-4).
Pecopteris densifolia, KNIGHT, 1985 : 49-54, fig. 6, pl. 12 (1-6).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 282, Saint-Étienne s. l. Les pinnules sont longues et larges ; légèrement obliques, parfois un peu décurrentes, à bords parallèles ; le sommet arrondi. La nervation est nette ; la nervure médiane large, oblique mais non décurrente, se poursuit jusqu'au sommet de la pinnule ; les nervures latérales, bien marquées, espacées, obliques, se divisent une fois près de la nervure médiane.

REMARQUE. — KNIGHT (1985) considère que les figures 1-3 de ZEILLER (1888) ne correspondent pas à l'espèce créée par GOEPPERT ; cette interprétation erronée de *Pecopteris densifolia* serait à l'origine de certaines confusions perpétuées dans la littérature.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Westphalien au Permien en Europe occidentale.

Pecopteris densinervosa Langiaux, n. sp.
Fig. 152, 153

Dans la collection de l'École des Mines de Saint-Étienne, la pièce SEM 220, étiquetée *Pecopteris densinervosa* par Paul BERTRAND, n'a jamais été décrite (pas de publication effective ; code : 29).

MATÉRIEL-TYPE. — SEM 220.

LOCALITÉ-TYPE — Rive de Gier : Puits Gillier.

DIAGNOSE (J. LANGIAUX). — Penne n infléchie vers l'arrière, régulièrement mais rapidement atténuée vers l'apex ; pas de pinnules pinnatifides ; pinnule terminale inconnue.

Rachis des pennes n lisse avec cependant quelques écailles près de l'axe de la fronde, étroit (1 mm).

Pinnules (longueur : 6-7 mm, largeur = 2 mm) contiguës ou légèrement séparées, un peu obliques vers l'avant, adhérentes à la base, sommet arrondi ; l'aspect falciforme de certaines pinnules provient certainement du fait que le limbe n'a pas été fossilisé à plat mais présente au contraire un bombement assez accusé qui se traduit en creux sur la face observable (face inférieure). Quelques pinnules, situées au 2/3 de la penne 1, sont lobées à la base.

Nervation très apparente sur cette même face inférieure ; la nervure médiane, perpendiculaire ou légèrement oblique, n'atteignant pas le sommet ; nervures latérales toutes une fois divisées très régulièrement près de la nervure médiane, également et fortement marquées.

Source : MNHN, Paris

FIG. 152-153. — 152 (× 1), 153 (× 2) : *Pecopteris densinervosa* Langiaux, n. sp.

Source : MNHN, Paris

Par sa nervation, cette espèce peut être rapprochée de *Pecopteris treviranii* dont elle ne montre cependant pas le caractère « alèthoptéridien » souligné par CORSIN (1951).

Derivatio nominis : en référence à la densité particulièrement élevée des nervules.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien inférieur du bassin de Saint-Etienne (Rive de Gier)

Pecopteris fœminæformis Schlotheim ex Sterzel, 1881
Fig. 158, 159

[***Filicites fœminæformis***], SCHLOTHEIM, 1820 : 407.
Pecopteris arguta, BRONGNIART, 1828 : 303, pl. 108 (3,4).
Pecopteris arguta, GRAND'EURY, 1877 : 77.
Pecopteris fœminæformis, STERZEL, 1881 : 116.
Pecopteris « feminaeformis », CORSIN, 1951 : 356, pl. 185 (4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8344 (fig. 158), faisceau de Beaubrun. SEM 221 (fig. 159), sondage S6 à — 630. Dans les deux cas, il s'agit de pennes stériles. MNHN 8344 montre des pinnules bien développées à nervation nettement marquée (nervure médiane large jusqu'au sommet, nervures latérales simples, obliques). Cet aspect caractéristique se retrouve dans SEM 221, mais ici, les pinnules s'ovalisent et les denticulations s'estompent jusqu'à disparaître (« formes » *elegans* Germar, *spectabilis* Weiss, ou *diplazioides* Zeiller).

REMARQUE. — BARTHEL (1968), à partir de matériel fructifié appartenant au genre *Schizostachys* et trouvé en association (mais non en connexion) avec de nombreux échantillons de *P. fœminæformis*, utilise un nouveau binôme *Nemejcopteris feminaeformis*. L'auteur propose alors une reconstitution de la plante qu'il range dans la famille des Zygopteridaceae (ordre des Cœnoptéridales). Le matériel de Saint-Étienne revu dans les différentes collections, ne nous a apporté que le feuillage stérile de *P. fœminæformis*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Stéphanien inférieur au Permien.

Pecopteris hemitelioides Brongniart, 1833
Fig. 154-157

Pecopteris hemitelioides, BRONGNIART, 1833 : 314, pl. 108 (1-2).
Pecopteris hemitelioides, GRAND'EURY, 1877 : 70, pl. 8 (9).
Pecopteris hemitelioides, KIDSTON, 1924 : 519, pl. 117 (1-2, 4-5).
Pecopteris hemitelioides, BOUREAU & DOUBINGER, 1975 : 70-72, fig. 49.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 686, coll. BRONGNIART. La Galerie de Paléobotanique du Muséum national d'Histoire naturelle conserve le matériel utilisé par BRONGNIART lors de la création de l'espèce. On notera que, d'une part, la pièce unique figurée par l'auteur est en fait une synthèse réalisée à partir de deux éléments indépendants, et que, d'autre part, les pennes représentées sont presque entièrement fructifiées et peu de détails de la nervation sont observables.
SCHIMPER (1879 : 90, fig. 65.1, 65.2) a décrit la fructification sous le nom d'*Asterotheca hemitelioides*.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne s. l.

REMARQUE. — Dans la pratique courante, l'identification, essentiellement morphographique, repose sur l'aspect du feuillage stérile (ZEILLER, 1888 : 33 ; KIDSTON, 1924 : 519 ; CORSIN, 1951 : 345). Celui-ci est caractérisé par une nervation bien marquée : nervure médiane large, atteignant le sommet de la pinnule, presque perpendiculaire, parfois décurrente, nervures latérales toujours simples, épaisses (fig. 154, Eparre, 8^{e} Gruner).

Source : MNHN, Paris

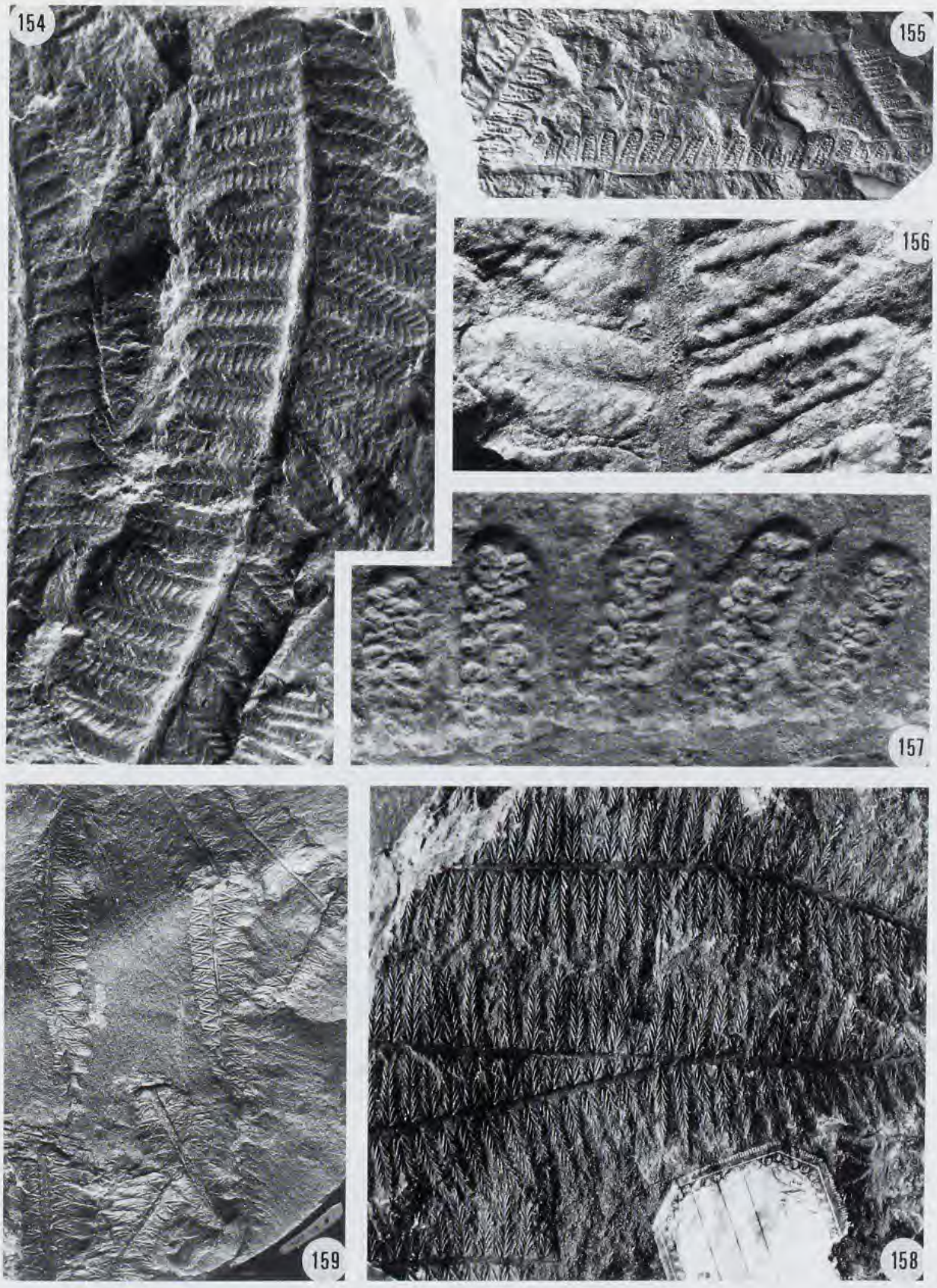


FIG. 154-159. — 154 (× 3) ; 155 (× 1) ; 156, 157 (× 6) : *Pecopteris hemitelioides* Brongniart ; 155-157 : matériel type fertile de BRONGNIART ; 154 : pinnules stériles ; 158, 159 (× 1) : *Pecopteris foeminaeformis* Schlotheim ex Sterzel.

FIGS. 154-159. — 154 (× 3); 155 (× 1); 156, 157 (× 6): Pecopteris hemitelioides *Brongniart; 155-157: fertile type material of BRONGNIART; 154: sterile pinnules; 158, 159 (× 1):* Pecopteris foeminaeformis *Schlotheim ex Sterzel.*

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Espèce cosmopolite du Westphalien D au Permien.

Pecopteris integra (Andrae) Schimper, 1869
Fig. 160, 161

Sphenopteris integra, ANDRAE *in* GERMAR, 1849 : 67, pl. 27 (1-4).
Pecopteris integra, SCHIMPER, 1869 : 530.
Pecopteris integra, ZEILLER, 1888 : 160-162, pl. 17 (2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 226, Sainte-Marie Bouchage. Pinnules légèrement obliques, nettement décurrentes, subtriangulaires. La base contractée du côté supérieur (sinus aigu) est bien visible. Nervation très nette ; nervure médiane très décurrente ; nervures latérales une ou deux fois divisées sous des angles aigus ; première nervure latérale anadrome juste à la base de la nervure médiane, nervure basilaire anadrome parallèle au sinus. L'observation de ces détails devient difficile lorsque la base de la pinnule est cachée par le rachis.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C-D et Stéphanien d'Europe.

Pecopteris lamuriana Heer, 1865
Fig. 162, 163

Pecopteris lamuriana, HEER, 1865 : 13, fig. 12.
Pecopteris lamuriana, BROUTIN, 1986 : 33-34, pl. 3 (3-5).
Pecopteris lamurensis, CORSIN, 1951 : 312, pl.186-188.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 228 (BL 63.13), assise de Rive de Gier. (pour BERTRAND : *P. oreoaffinis*).

Ce taxon participe au « complexe *P. abbreviata-miltoni-vestita-villosa* » (BROUTIN, 1986) au sein duquel les variations des formes sont telles que des confusions paraissent quasiment inévitables.

L'identification de *Pecopteris lamuriana* devrait se fonder sur l'observation de la partie moyenne d'une penne où les pinnules, espacées, à bord latéraux finement lobulés, présentent une forme grêle très typique (L = 15 mm, l = 2-3 mm). Cependant, on peut également remarquer des passages insensibles de la forme grêle à des pinnules plus larges, plus serrées, moins longues, à bords latéraux subrectilignes. Cette importante variabilité morphologique est bien mise en évidence par WAGNER (1983, pl. 5).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D à Permien (Espagne : Guadalcanal).

Pecopteris lepidorachis Brongniart, 1834
Fig. 168, 169

Pecopteris lepidorachis, BRONGNIART, 1834 : 313, pl. 103 (1).
Pecopteris lepidorachis, BOUREAU & DOUBINGER, 1975 : 89-90, fig. 65.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 683, coll. BRONGNIART. Sur ce matériel-type, on ne distingue pratiquement pas les détails indiqués pl. 103, fig. 1 et surtout, on recherche vainement, sur l'échantillon, les deux pinnules grossies (fig. 1A) qui

Source : MNHN, Paris

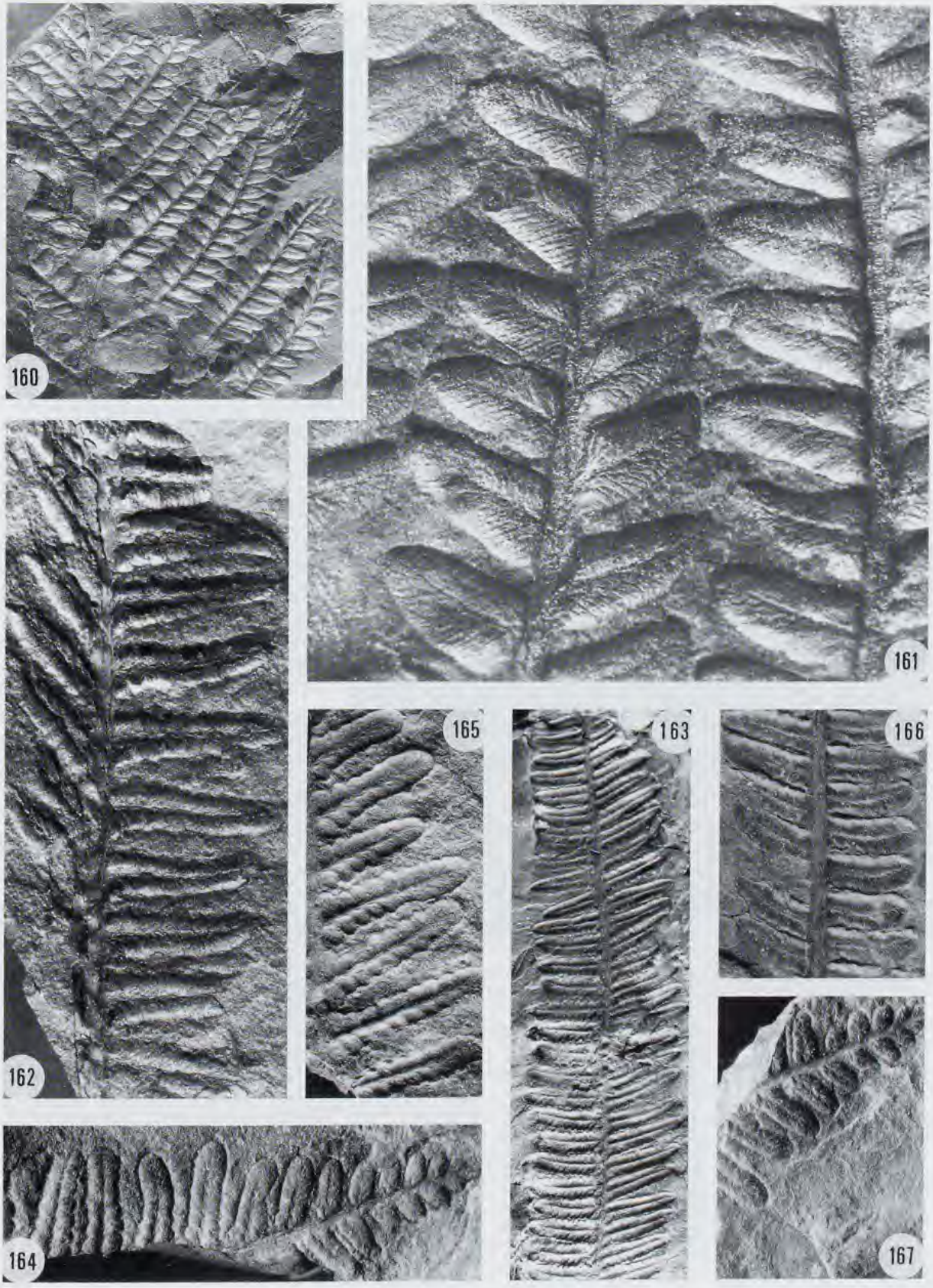


FIG. 160-167. — 160 (× 1), 161 (× 3) : *Pecopteris integra* (Andrea) Schimper ; 162 (× 2), 163 (× 1) : *Pecopteris lamuriana* Heer ; 164-167 (× 2) : *Pecopteris vestita* Lesquereux.

Source : MNHN, Paris

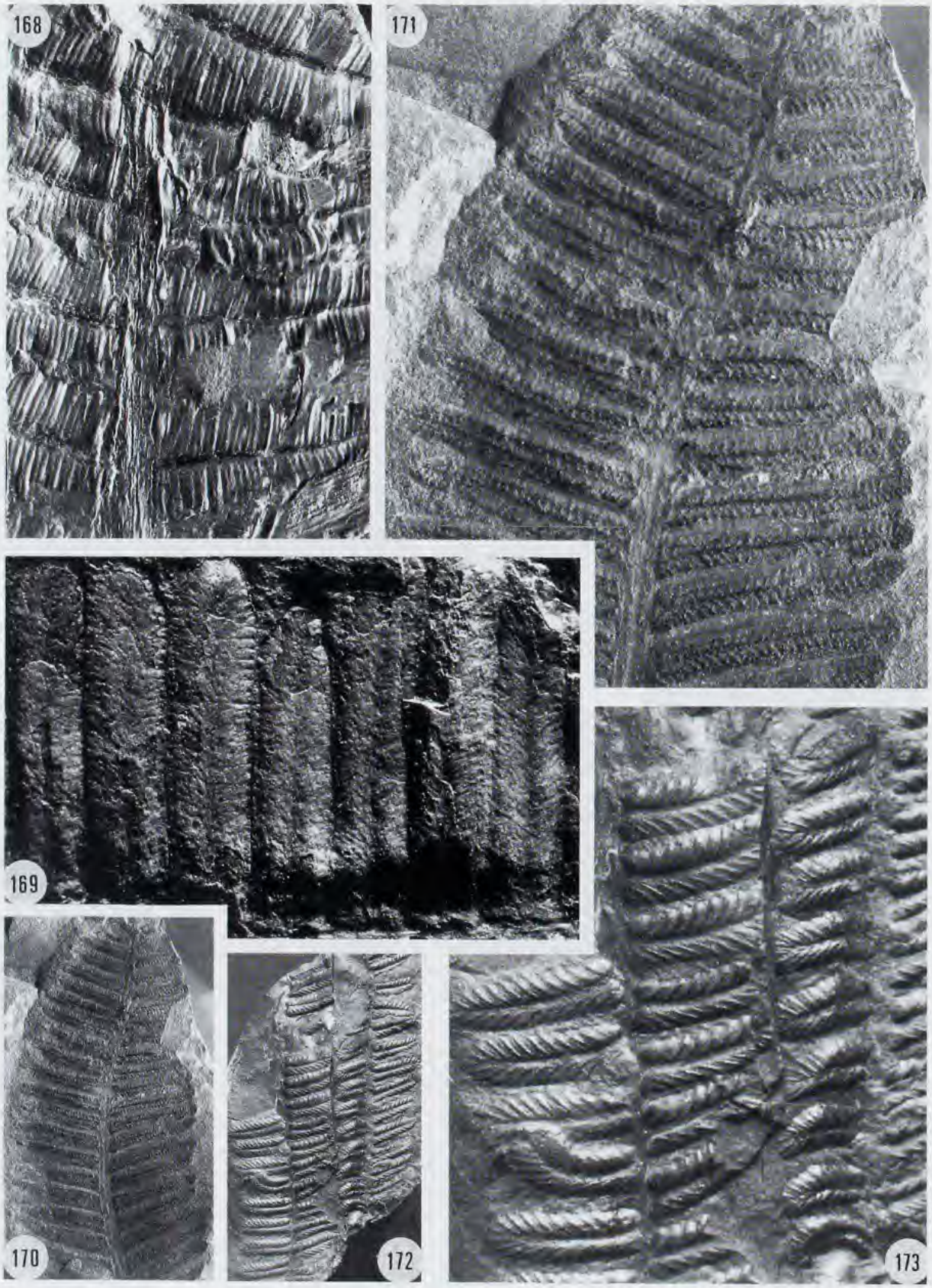


FIG. 168-173. — 168 (× 1), 169 (× 6) : *Pecopteris lepidorachis* Brongniart ; 170 (× 1), 171(× 3) : *Pecopteris major* (Doubinger) Vetter ; 172 (× 1), 173 (× 3) : *Pecopteris melendezii* Wagner.

Source : MNHN, Paris

montreraient les détails de la nervation. Par contre, on observe facilement les rachis relativement larges et couverts de nombreux tubercules qui correspondent à des bases d'écailles scarieuses dont certaines sont conservées.

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne.

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877 : 69) considère *P. lepidorachis* et *P. affinis* comme des parties de fronde de *P. candolleana*. Selon cet auteur, les trois espèces sont donc synonymes. Pour BOUREAU et DOUBINGER, *P. lepidorachis* ne se distingue de *P. cyathea* que par ses rachis épineux. Fructifications de la forme *Cyathocarpus* (MOSBRUGGER, 1983).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Westphalien D au Permien.

Pecopteris major (Doubinger) Vetter, 1968
Fig. 170, 171

Pecopteris cyathea var. ***major*** DOUBINGER, 1956 : 89, fig. 3A.
Pecopteris major, VETTER, 1968 : 68-70, fig. 13, pl 12 (1-3).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 238, toit de la 8^{e} Gruner. Terminaison de penne n. Pinnules très longues, étroites ; séparées, presque perpendiculaires au rachis ; sommet nettement en ogive. Nervure médiane large, jusqu'au sommet de la pinnule ; nervures latérales fines, obliques, une fois divisées près du bord. Cette division, parfois difficilement observable, est bien visible sur SEM 240 (non représenté).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Niveaux supérieurs du Stéphanien (Massif Central français et Sarre-Lorraine).

Pecopteris melendezii Wagner, 1962
Fig. 172, 173

Pecopteris melendezii, WAGNER, 1962 : 757, pl. 32 (24-26).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 256, horizon 13^{e} Gruner. Pinnules à bords parallèles, sommet arrondi. Nervation très accusée, remarquable ; nervure médiane non décurrente, large, distincte jusqu'au sommet de la pinnule ; nervures secondaires très saillantes, généralement simples.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien B-C (Espagne, France).

Pecopteris micromiltoni Corsin, 1951

Pecopteris micromiltoni, CORSIN, 1951 : 298, pl. 160.

De cette espèce, à pinnules de très petite taille, n'ont été retrouvés que quelques fragments dans des carottages.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris microphylla Corsin, 1951

Pecopteris microphylla, CORSIN, 1951 : 253-254, fig. 51, pl. 151 (2).

Pinnules longues et étroites, Nervation fine, peu visible ; nervures latérales peu serrées. Au dire de CORSIN, cette espèce présente des analogies avec *P. platonii*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D (rare, selon CORSIN). Également rare dans le Stéphanien de Saint-Étienne.

Pecopteris monyi Zeiller, 1888
Fig. 174-176

Pecopteris monyi, ZEILLER, 1888 : 169-171, pl. 17 (3-4).
Pecopteris monyi, DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIZ, 1984 : 515-521, pl. 2 (5).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 288 (fig. 175, 176), horizon 8^c Gruner. SEM 250 (fig. 174), Saint-Étienne s. l. Pennes d'ordre n contiguës, bords parallèles. Pinnules un peu décurrentes, adhérentes à la base, bords parallèles, sommet largement arrondi. Nervation nette ; nervure médiane large, un peu décurrente ; nervures latérales simples ou une fois divisées, légèrement arquées.

REMARQUE. — Des risques de confusion existent avec *P. hemitelioides, P. ameromii, P. jongmansii, P. laxenervosa, P. latenervosa* lorsque l'observation ne porte que sur des échantillons de taille restreinte (LANGIAUX, 1987). *P. monyi* a parfois été considéré comme synonyme de *P. launayi* (JONGMANS, 1952 ; DOUBINGER, 1956).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien d'Europe et d'Asie.

Pecopteris paleacea Zeiller, 1888

Pecopteris paleacea, ZEILLER, 1888 : 116-123, pl. 11 (5), pl. 12 (1-2).

Surtout reconnaissable à ses rachis couverts d'un chevelu de longues épines molles. Pinnules plutôt petites et larges.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien.

Pecopteris parvula Vetter, n. sp.
Fig. 181, 182, 183

Pecopteris cyathea var. ***minima***, VETTER, 1968 : 56-57, fig. 8C, pl. 12 (4, 7), pl. 13 (3).

MATÉRIEL-TYPE. — SEM 236 (BL 12.23).

LOCALITÉ-TYPE. — Saint-Étienne. Fendue de Langonand à 540 m de l'entrée (faisceau de la Talaudière probable).

DIAGNOSE (P. VETTER). — Pinnules très petites, bombées, longueur 1,5 à 2 mm, largeur 0,7 à 1 mm, rapport largeur/longueur voisin de 1/2 ; à bords parallèles, alternes, insérés perpendiculairement sur le rachis de dernier ordre, extrémité arrondie, souvent recouvertes d'une pellicule charbonneuse qui masque entièrement la nervation.

Source : MNHN, Paris

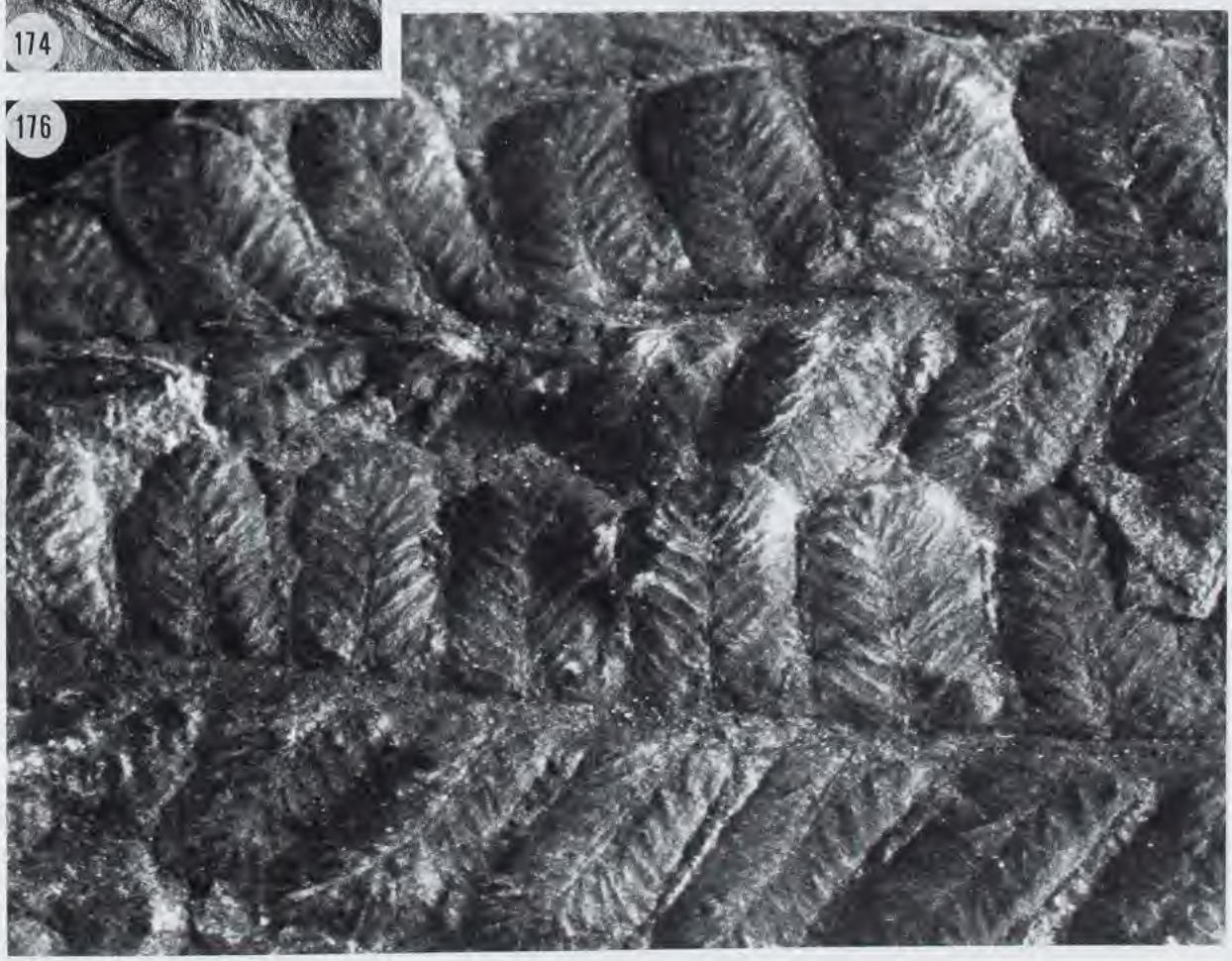


FIG. 174-176. — 174, 175 (× 3), 176 (× 6) : *Pecopteris monyi* Zeiller.

Source : MNHN, Paris

Nervure médiane assez fine et peu marquée ; nervures secondaires très difficiles à distinguer, peut-être au nombre de deux ou trois. Pennes de dernier ordre, très petites (longueur 3 cm, largeur 3 à 4 mm), rectilignes, alternes, à terminaison obtuse, non contiguës, diminuant de taille vers l'apex de la fronde, insérées sur le rachis support sous un angle de 40° environ. Rachis de dernier ordre très fin (largeur inférieure à 0,5 mm), rachis d'avant-dernier ordre beaucoup plus fort (largeur 4 mm) souvent recouvert d'une épaisse pellicule charbonneuse.

Derivatio nominis. — *parvulus, a, um* : très petit.

REMARQUE. — En 1968, a été créée la variété *minima* de *P. cyathea* à partir d'échantillons qui semblaient n'être pas assez représentatifs pour ériger une espèce nouvelle. Ce scrupule s'est effacé en constatant que les pièces de Saint-Étienne offraient des caractères extrêmement voisins de celles de Decazeville. À noter cependant une petite différence qui n'altère pas les caractères essentiels de cette nouvelle espèce, à savoir que les pennes de dernier ordre se touchent bord à bord sur les échantillons de Decazeville, alors qu'elles ne sont pas contiguës sur ceux de Saint-Étienne.

Un autre exemplaire de *P. parvula* (SEM 237) a été recueilli à la base de la Formation de couronnement (sondage S. 35 à 368 m).

Pecopteris pectinata Bertrand *ex* Corsin, 1951

Pecopteris pectinata, BERTRAND, *nom. nud.*, 1927 : 87.
Pecopteris pectinata, CORSIN, 1951 : 337-340, fig. 90, pl. 179.

Espèce proche de *P. cyathea*, mais qui s'en distingue néanmoins par ses pinnules très allongées et ses nervures latérales, en relief, peu serrées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien.

Pecopteris platonii Grand'Eury, 1890

Pecopteris « platoni », GRAND'EURY, 1890 ; 273, pl. 20 (2-3).

Cette espèce décrite pour la première fois à partir d'échantillons du Gard paraît assez peu courante à Saint-Étienne. On la reconnaît à ses pinnules longues et espacées. La disposition des nervures latérales, distantes les unes des autres, divisées très près de la nervure centrale, est caractéristique. Malheureusement, la nervation n'est pas toujours nettement observable.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Pecopteris plumosa (Artis) Brongniart, 1832
Fig. 177

Filicites plumosus, ARTIS, 1825 : 17, pl. 17.
Pecopteris plumosa (Artis), BRONGNIART, 1832 : 348, pl. 121 (1-2), pl. 122 (1-4).
Pecopteris dentata, BRONGNIART, 1832 : 346, pl. 123 (1-5), pl. 124.
Pecopteris plumosa-dentata, CORSIN, *nom. inval.*, 1951 : 199-208, fig 42, pl. 112 à 118.
Pecopteris « bioti » *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1888 : 99-104, pl. 9 (2-4).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 252 (BL 04.92), faisceau des Littes (Montrambert, carrière Devillaine). Très belle pièce, de grande taille (représentation partielle).

Source : MNHN, Paris

FIG. 177. — (× 1) : *Pecopteris plumosa* (Artis) Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Rachis de tous ordres couverts de poils très fins et très serrés. Aphlébies très grandes, trapues et divisées en lanières un grand nombre de fois.

Pour CORSIN, on peut reconnaître sur la même fronde quatre formes de pinnules : *acuta* (au sommet de la fronde), *plumosa* (dans la partie subterminale), *crenata* (partie moyenne), *dentata* (partie inférieure de la fronde). L'échantillon examiné montre des pinnules triangulaires allongées et appartient vraisemblablement à la partie subterminale de la fronde. Les nervures sont peu visibles.

Une morpho-espèce très voisine, *P. biotii*, se distingue par ses pinnules petites, à sommet arrondi.

Fructifications de la forme *Senftenbergia* d'après CORSIN (1951), de la forme *Dactylotheca* selon MOSBRUGGER & VOGELLEHNER (1986).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien et Stéphanien d'Europe.

Pecopteris polymorpha Brongniart, 1834
Fig. 178

Pecopteris polymorpha, BRONGNIART, 1834 : 331, pl. 113 (2-5).
Pecopteris polymorpha, BOUREAU & DOUBINGER, 1975, 4-2 : 131-133, fig. 102.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 253 (BL 23.05), 5e Beaubrun. Pennes d'ordre n contiguës, bords parallèles, pinnule terminale petite. Pinnules séparées, obliques, base contractée, relativement courtes dans le matériel examiné ; limbe bombé (ce caractère, presque constant chez *P. polymorpha*, laisserait supposer des pinnules relativement coriaces). Nervation bien marquée ; nervure médiane enfoncée dans le limbe, interrompue, oblique ou très peu décurrente ; nervures latérales une ou deux fois divisées près de la nervure médiane, très obliques, puis presque perpendiculaires au bord.

Dans le travail de GRAND'EURY (1877 : 74, pl. 8), on trouve, sous le nom de *Scolecopteris conspicua*, une description sommaire des fructifications lesquelles seraient de la forme *Acitheca*, selon SCHIMPER (1879).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Du Westphalien D au Permien.

Pecopteris pseudoreopteridia Potonié, 1893 emend. Vetter, 1968
Fig. 179, 180

Pecopteris pseudoreopteridia, POTONIÉ, 1893 : 72-76, pl. 8, fig 1-4.
Pecopteris « pseudo-oreopteridia », VETTER, 1968 : 63-64, fig. 11, pl. 15 (4), pl. 17 (1, 5, 7).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 242, sondage fond Isaac — 136. Pennes d'ordre n séparées ou se couvrant à la base, courtes, bords convergents ; pinnule terminale large, arrondie. Rachis n étroits, striés ; rachis n -1 faiblement épineux. Pinnules (L = 4-9 mm, l = 3 mm), contiguës, obliques, décurrentes, un peu triangulaires, adhérentes à la base. Nervation bien marquée ; nervure médiane interrompue, décurrente ; nervure latérale une ou deux fois divisées, fines, arquées ; une ou deux nervures bifurquées partent directement du rachis.

La pièce MNHN 732, coll. BRONGNIART, étiquetée *P. cistii*, doit être rapportée à *P. pseudoreopteridia* ; elle provient de Saint-Étienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien B-C et Autunien d'Europe.

Source : MNHN, Paris

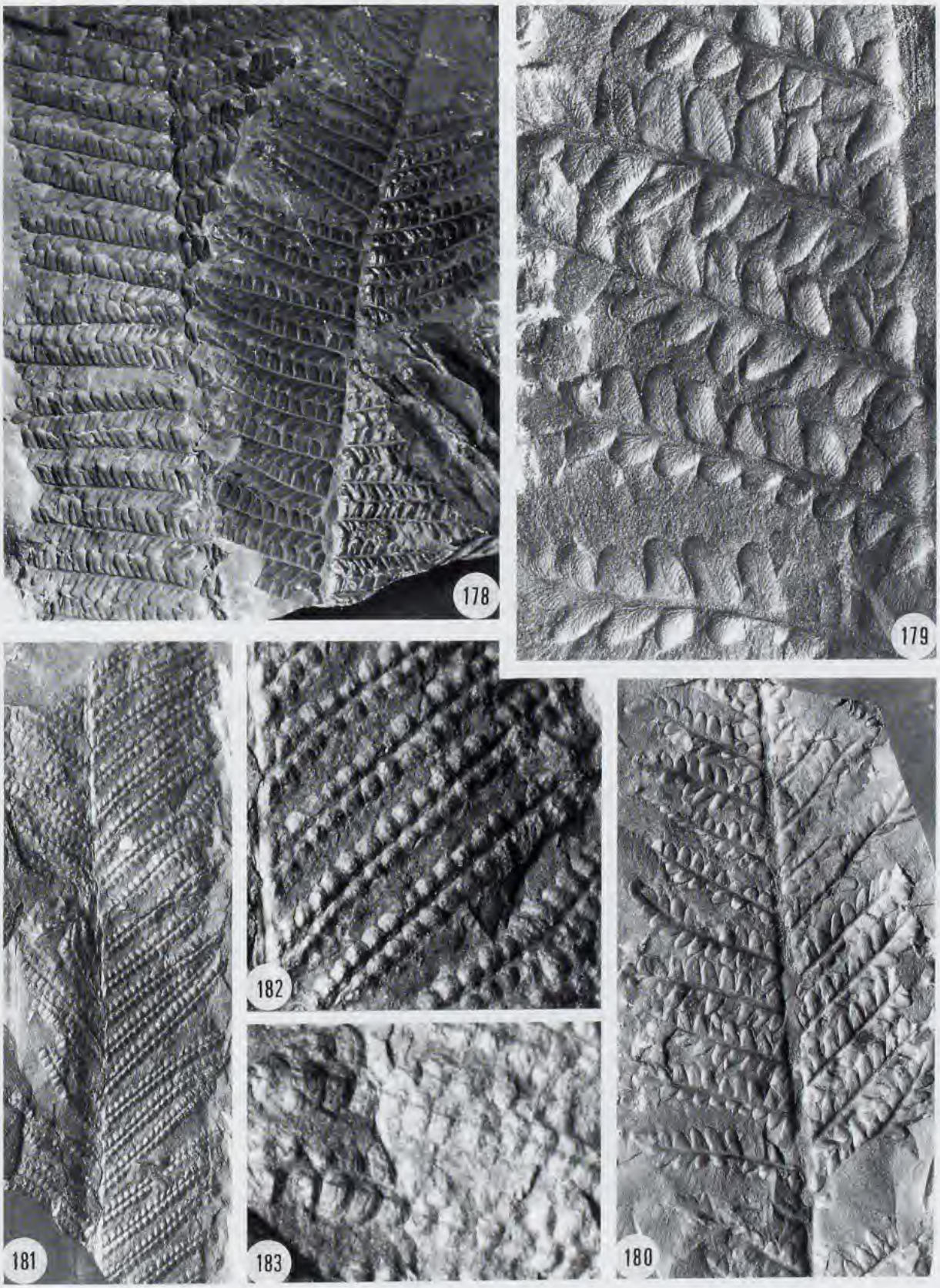


FIG. 178-183. — 178 (× 1) : *Pecopteris polymorpha* Brongniart ; 179 (× 3), 180 (× 1) : *Pecopteris pseudoreopteridia* (Potonié) Vetter ; 181 (× 1), 182 (× 3), 183 (× 6) : *Pecopteris parvula* Vetter n. sp.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris rarinervosa Corsin, 1951

Pecopteris rarinervosa, CORSIN, 1951 : 238-240, pl. 165-166.

Quelques fragments dans les sondages.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

Pecopteris aff. *saraefolia* Bertrand, 1928
Fig. 186, 187

Pecopteris saraefolia, BERTRAND, 1928 : 87.
Pecopteris saraefolia, CORSIN, 1951 : 254-259, fig. 59, pl. 139-142.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 257 (BL 23.05), La Talaudière (La Chazotte). SEL 105 B 8, 13[e] Beaubrun. Pinnules longues (L = 12 mm, l = 3 mm), obliques, adhérentes à la base, bords parallèles, arrondies au sommet. Nervure médiane large, atténuée à l'extrémité, légèrement décurrente ; nervures latérales une ou deux fois divisées près de la nervure médiane, très obliques puis arquées. CORSIN (p. 257) précise la démarche du fondateur de ce taxon : cette espèce a été créée à partir du « cotype de *Danaeites roehli* qui devient, pour P. BERTRAND, l'échantillon princeps de *Pecopteris saræfolia* ».

Fructifications de la forme *Asterotheca*, d'après CORSIN.

REMARQUE. — Déjà signalée dans le bassin de Blanzy-Montceau (LANGIAUX, 1984), et ici mise en évidence à Saint-Étienne, cette espèce ne serait donc pas seulement cantonnée dans le Westphalien de la Sarre-Lorraine.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D de Sarre et de Lorraine. Stéphanien.

Pecopteris cf. saræpontana (Stur) Corsin, 1951

Danaeites saræpontanus, STUR, 1885, pl. 61, fig. 2.
Pecopteris saræpontana, CORSIN, 1951 : 241-246, pl. 127-131.

Quelques empreintes observées dans les carottages sont rapportées à ce taxon. Il s'agit toujours d'échantillons fragmentaires.

REMARQUE. — CORSIN a reconnu cette espèce dans le Westphalien du bassin sarro-lorrain ; quant à GRAND'EURY (1890), il signale sa présence dans les bassins du Gard et de Saint-Étienne sous la dénomination *Parapecopteris nevropteridis*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

Pecopteris subelegans (Potonié) Doubinger, 1959
Fig. 184, 185

Callipteridium subelegans, POTONIÉ, 1893, 9, t. 2 : 107-111, pl. 11 (5), 13 (4).
Alethopteris subelegans (Potonié), FRANKE *in* POTONIÉ, 1913, L. 9, n° 176.
Pecopteris subelegans (Potonié), DOUBINGER, 1959 : 491-502, fig. 1, pl. 1-2.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 260, 3e Beaubrun probable. Pennes d'ordre n contiguës ou se recouvrant, extrémité obtuse, pinnule terminale large. Pinnules longues, L = 7 mm, l = 2,5 à 3,5 mm ; décurrentes, bords parallèles, sommet arrondi. Nervure médiane large, interrompue, décurrente ; nervures latérales deux fois divisées, fines, serrées, obliques. Quelques nervures directement sur le rachis du côté inférieur.

REMARQUE. — Pour BARTHEL (1981), *Alethopteris subelegans* a des fructifications du type *Scolecopteris*, il s'agit donc d'une Fougère (et non d'un *Alethopteris*). Dans la même note, BARTHEL ajoute que *Scolecopteris subelegans* serait synonyme de *Scolecopteris pseudobucklandii* (= *Pecopteris pseudobucklandii*). Cependant, BARTHEL semble ignorer que DOUBINGER (1959) avait déjà transféré *Alethopteris subelegans* dans le genre *Pecopteris* et que GRAND'EURY a décrit (1877 : 72) un *Scolecopteris subelegans* en se référant au *Scolecopteris elegans* Zenker.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur, Autunien.

Pecopteris treviranii (Goeppert) Presl, 1838
Fig. 188, 189

Hemitellites « trevirani », GOEPPERT, 1836 : 333, pl. 38 (3, 4).
Pecopteris « trevirani », PRESL *in* STERNBERG, 1838, 3-4 : 158.
Pecopteris « trevirani », KNIGHT, 1985 : 68-72, fig. 8, pl. 16 (1-3), 17 (1-4).
Pecopteris euneura, *auct. non* Schimper, GRAND'EURY, 1877 : 71, pl. 7 (3).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 272. Mur de la 13e Beaubrun. Bien que les pinnules soient un peu courtes, on peut rapprocher l'échantillon figuré de *P. treviranii*. La nervure médiane est décurrente ; les nervures latérales se divisent une fois près de la nervure médiane. Leur finesse rappelle la nervation de *P. clintonii*, cependant on n'observe pas la double division des nervures latérales qui constitue l'un des caractères de cette espèce.
Pour CORSIN (1951 : 248), les fructifications sont « des *Orthotheca* ».

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D (Lorraine). Stéphanien (Saint-Étienne).

Pecopteris unita Brongniart, 1836
Fig. 190, 191

Pecopteris unita, BRONGNIART, 1836 : 342, pl. 116 (1-5).
« Pecopteris (Ptychocarpus) unita », ZEILLER, 1888 : 162-168, pl. 18 (1-5).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 266, faisceau de Gruner. Terminaison de penne n -1. La nervation, toujours très nette, présente un aspect caractéristique même lorsqu'il s'agit de grandes pinnules à bords rectilignes ou simplement ondulés. Cette nervation constitue un guide précieux pour

Source : MNHN, Paris

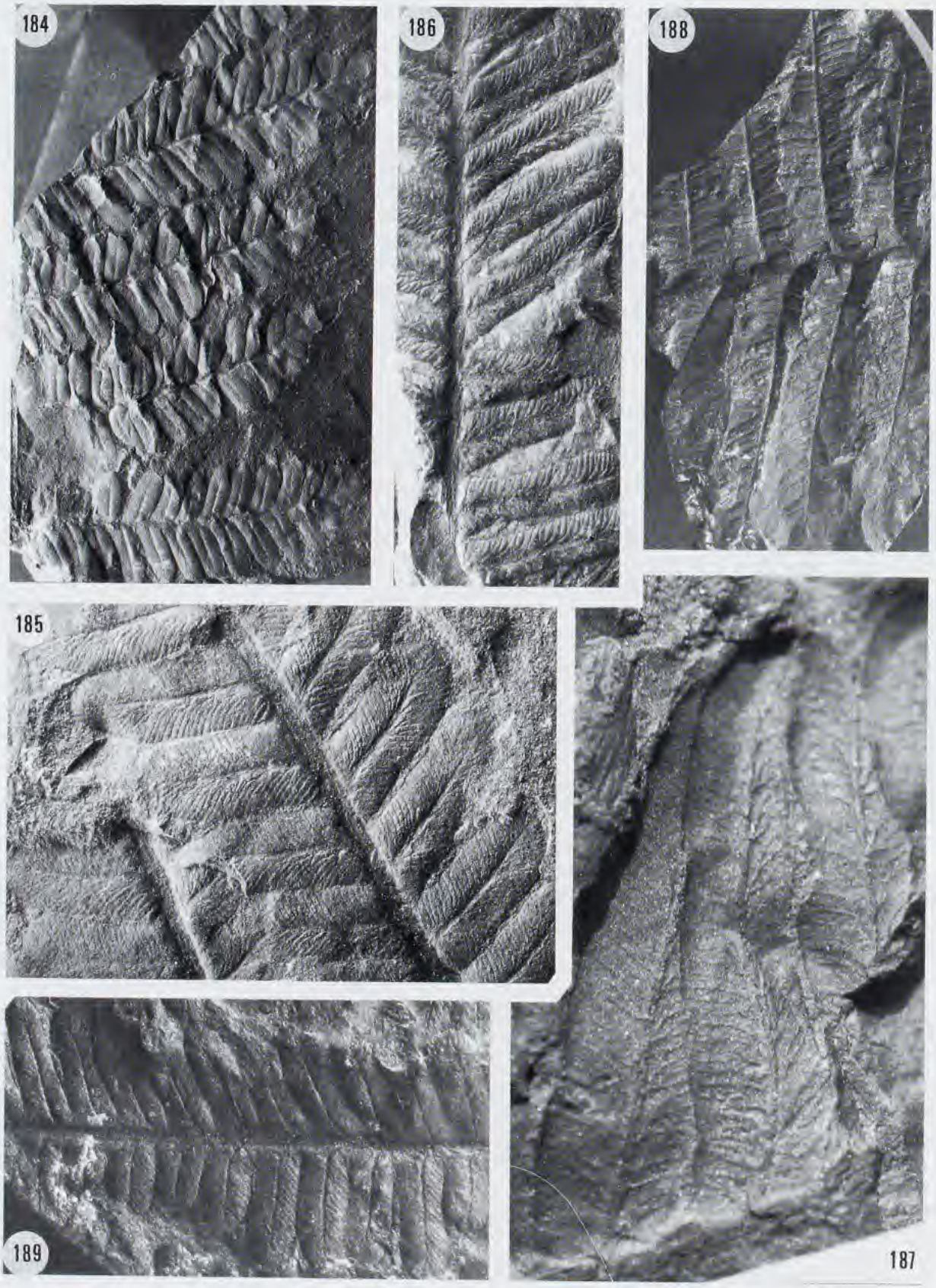


FIG. 184-189. — 184 (× 1), 185 (× 3) : *Pecopteris subelegans* (Potonié) Doubinger ; 186 (× 3), 187 (× 6) : *Pecopteris* aff. *saraefolia* Bertrand ; 188 (× 1), 189 (× 3) : *Pecopteris treviranii* (Goeppert) Presl.

Source : MNHN, Paris

FIG. 190-191. — 190 (× 3), 191 (× 6) : *Pecopteris unita* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

l'identification des échantillons de petite taille. Fructifications de la forme *Ptychocarpus* selon ZEILLER (1888).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien.

Pecopteris cf. vestita Lesquereux, 1878
Fig. 164-167

Pecopteris vestita, LESQUEREUX, 1878 : 252, pl. 43.

MATÉRIEL FIGURÉ. — Quelques fragments récoltés dans le terril de la Bâtarde peuvent être rapprochés de cette espèce au demeurant fort peu figurée, mais très souvent mentionnée puisqu'elle fonde la zone « *Lobatopteris vestita* » de R. H. WAGNER (1984)

C'est une forme proche de *Pecopteris lamuriana* par la lobulation rapide de ses pinnules (R. H. WAGNER en fait l'espèce-type de son genre *Lobatopteris*) et par sa nervation regroupée en faisceau serré dans chacun des lobes. On n'observe cependant jamais les pinnules très grêles caractéristiques de *P. lamuriana* encore que des formes de passage entre les deux espèces aient été décrites, en particulier dans les Monts cantabriques.

Pecopteris viannai Teixeira, 1940
Fig. 192, 193

Pecopteris viannai, TEIXEIRA, 1940 : 18-19, pl. 7 (3-4).
Pecopteris pinnatifida-waltoni, DOUBINGER, 1956 : 91, fig. 4A.
Pecopteris « viannae », WAGNER, 1958a : 9-11, fig. 3.
Pecopteris pinnatifida *auct. non* Gutbier, ZEILLER, 1892 : 22-23, pl. 6 (1, 1a).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 264, faisceau de Gruner. SEM 280, La Talaudière (Terril de la Chazotte). Espèce caractérisée par des groupes de nervures bien distincts qui sont nettement visibles sur les échantillons figurés. La note de WAGNER (1958a) permet de suivre les étapes de l'étude de *P. viannai* par TEIXEIRA jusqu'à la publication (1954) de la forme fructifiée *(Asterotheca)*. Espèce proche de *P. waltonii* Corsin.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien, Autunien d'Europe occidentale.

FORMES SPHÉNOPTÉRIDIENNES

SPHENOPTERIS s. l.

Tous les auteurs qui se sont consacrés à l'étude de ces végétaux fossiles ont souligné l'hétérogénéité de ce groupe et les difficultés que posent leur insertion dans un système de classification logique ou naturel (DANZÉ, 1956 ; VAN AMEROM, 1975 ; ALVAREZ-RAMIZ *et al.*, 1978 ; BROUSMICHE, 1983). Basé essentiellement sur les ressemblances et la morphologie des frondes stériles, le groupe des *Sphenopteris s. l.* comprend des Filicophytes, des Ptéridospermales et des *« incertae sedis »* sans doute apparentés aux Filicophytes, vu l'architecture de leurs feuillages. La plupart des espèces sphénoptéridiennes identifiées dans le bassin de Saint-Étienne se rapportent vraisemblablement aux Filicinées. Toutefois, comme nous n'avons vu que très rarement des

Source : MNHN, Paris

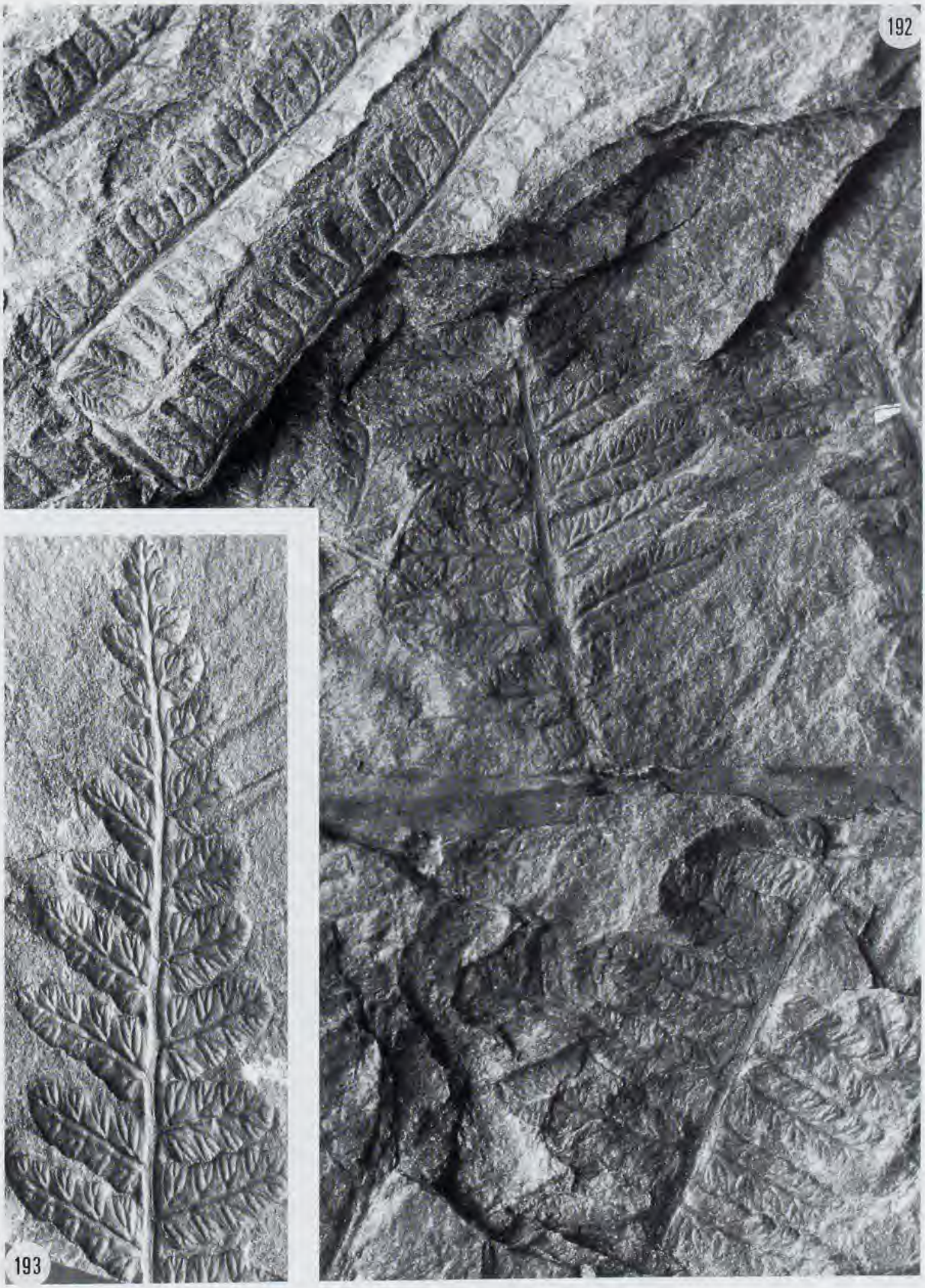


FIG. 192-193. — (× 3) : *Pecopteris viannai* Teixeira.

Source : MNHN, Paris

formes fertiles, nous avons gardé la dénomination *Sphenopteris*, en mentionnant le genre naturel correspondant à l'espèce citée, s'il y a lieu.

Une seule espèce présente à Saint-Étienne se rapporte au genre de Sphénoptéridées « *Eusphenopteris* » regroupant les feuillages sphénoptéridiens et présentant l'architecture bipartite qui se retrouve chez un certain nombre de Ptéridospermales (*Mariopteris*, *Karinopteris*, *Dicksonites*....). Le type de feuillage des *Eusphenopteris* a été trouvé en association avec des fructifications mâles de type *Telangiopsis* et des organes femelles de type *Calymmatotheca* (VAN AMEROM, 1975, fig. 9). Créé d'abord par WEISS (1869) comme « sous-genre » de *Sphenopteris*, *Eusphenopteris* fut élevé en « groupe » par GOTHAN (1913), puis défini comme « genre » par SIMSON-SCHAROLD (1934) avec l'espèce-type *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart).

Les Sphénoptéridées sont peu abondantes dans le bassin de Saint-Étienne, souvent fragmentées et indéterminables en raison de leur mauvaise conservation. Les exemplaires les plus représentatifs proviennent de l'assise de Rive de Gier et du faisceau de Beaubrun.

Genre *SPHENOPTERIS* (Brongniart, 1822) Sternberg, 1825

ESPÈCE-TYPE. — ***Sphenopteris elegans*** (Brongniart, 1822) Sternberg, 1825.

Filicites, BRONGNIART, 1822 : pl. 2, fig. 2.
Sphenopteris, STERNBERG, 1825 : 15.

Sphenopteris biturica-densipennata Alvarez-Ramis, 1965
Fig. 194, 195

Sphenopteris biturica-densipennata, ALVAREZ-RAMIS, 1965 : 33, fig. 25-26, pl. 9 (2), 20 (1, 2), 21 (1).
Sphenopteris biturica-densipennata, ALVAREZ-RAMIS & DOUBINGER, 1976 : 23-27, fig. 1.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 174, 11[e] Beaubrun. Pennes d'ordre n à bords parallèles, se recouvrant. Pinnule peu évoluée, subcarrée ; base large ; décurrente du côté catadrome. Pinnule évoluée subrectangulaire, longuement décurrente ; sinus basal anadrome profond. Nervation masquée ; nervure médiane oblique, un peu décurrente ; nervures latérales une ou deux fois divisées, interrompues. À la base de la penne d'ordre n, pinnule catadrome aphléboïde, triangulaire, avec un premier lobe anadrome allongé, séparé des autres lobes par un sinus profond.

S. biturica-densipennata paraît proche de *S. fayolii* Zeiller.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Espagne, Massif Central français).

Sphenopteris cf. *castelii* Zeiller, 1888

Sphenopteris castelii, ZEILLER, 1888 : 59-62, pl. 2, fig. 2.

Un certain nombre de pennes fragmentaires ont été rapprochées de cette espèce caractérisée par des pinnules évoluées, à contour subrectangulaire, munies de 7 à 8 lobes arrondis ; les pinnules peu évoluées sont arrondies et contractées à leur base. La nervation est souvent peu visible.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Dans le bassin de Saint-Étienne, faisceau de Beaubrun ; rare dans ceux de Gruner et des Littes. Stéphanien européen.

Source : MNHN, Paris

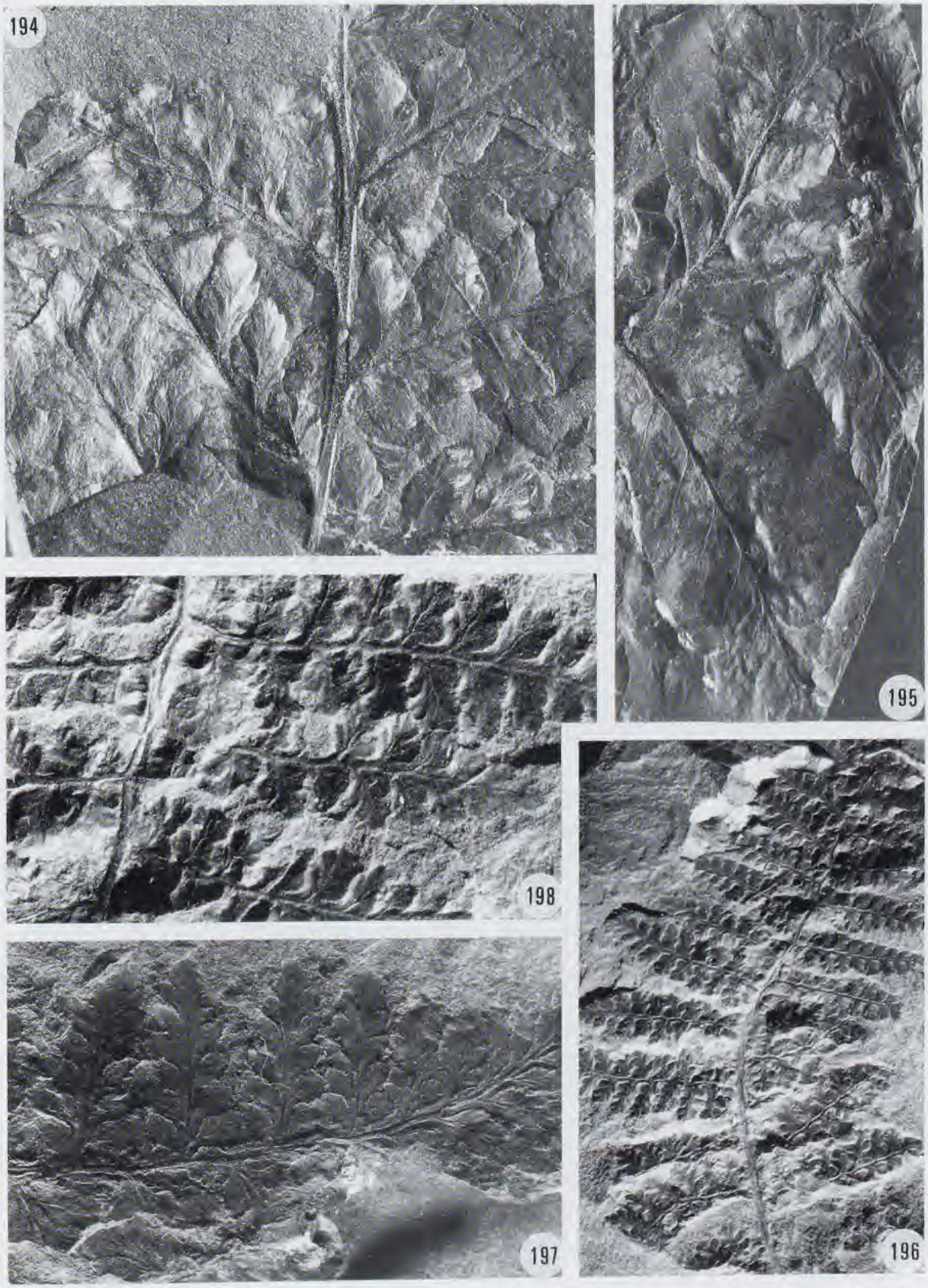


FIG. 194-198. — 194, 195 (× 3) : *Sphenopteris biturica-densipinnata* Alvarez-Ramis ; 196 (× 1), 197 (× 2), 198 (× 3) : *Sphenopteris chaerophylloides* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

Sphenopteris chaerophylloides (Brongniart) Presl, 1838
Fig. 196, 197, 198

Pecopteris chaerophylloides, BRONGNIART, 1835 : 357, pl. 125 (1, 2).
Sphenopteris chaerophylloides (Brongniart), PRESL *in* STERNBERG, 1838, 2 (7-8) : 131.
« Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides », ZEILLER, 1886 : 90, pl. 11 (1, 2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 180, assise de Rive de Gier (Puits Gillier). Le matériel récolté à Saint-Étienne est peu abondant, toutefois l'échantillon SEM 180 présente une conservation remarquable ; il comprend une penne d'avant dernier ordre garni de 10 paires de pennes de dernier ordre, très semblable à l'échantillon figuré par BRONGNIART et provenant des mines d'Alès.

Rachis ailé. Limbe abondant, finement découpé. Pinnule peu évoluée sublosangique, oblique, attachée sur le rachis par toute sa largeur, bord antérieur un peu rétréci. Évolution de type apical. Pinnules évoluées assez espacées : contour allongé, subrectangulaire. Nervation peu distincte ; nervure principale légèrement décurrente, ondulée, nervure secondaires divisées, chaque dent de lobe recevant une nervule.

Fructifications de la forme *Renaultia* (ZEILLER, 1883) ; celles-ci n'ont pas été rencontrées dans les différentes collections révisées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien B-C-D, Stéphanien A.

Sphenopteris danzei Boureau & Doubinger, 1975
Fig. 199

Sphenopteris danzei, BOUREAU & DOUBINGER, 1975 : 511-512, fig. 435.
Sphenopteris pecopteroides, *auct. non* Kidston, DANZÉ, 1956 : 518 fig. 64, pl. 84 (1-4).
Sphenopteris pecopteroides, *auct. non* Kidston, DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIS, 1984 : 515-522, pl. 2 (2).

L'exemplaire figuré par DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIS provient du bassin de Saint-Étienne, de l'assise de Rive de Gier. Il comprend un fragment de fronde portant du même côté de l'axe, cinq pennes d'avant-dernier ordre plus ou moins tronquées à leur sommet. Les pennes de dernier ordre, longues de 2 à 3 cm, portent des pinnules triangulaires soudées à leur base. Les nervures sont fines, peu divisées ; la pinnule terminale est assez large et obtuse à son sommet. Le limbe semble avoir été assez épais.

Un nouvel examen de l'échantillon de Saint-Étienne montre que ce *Sphenopteris* est identique au *Sphenopteris pecopteroides* Danzé, 1956. Pour cette espèce, différente du *Sphenopteris pecopteroides* de KIDSTON, BOUREAU & DOUBINGER (1975) ont proposé le nom de *Sphenopteris danzei*, appliqué ici au spécimen de Saint-Étienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien inférieur du bassin de Saint-Étienne. Sommet du Westphalien B, Westphalien C, D de France et de Grande Bretagne.

Sphenopteris decorpsii Zeiller, 1888
Fig. 203-206

Sphenopteris « decorpsi », ZEILLER, 1888 : 68-72, pl. 5 (3-4).
Sphenopteris « decorpsi », LANGIAUX, 1982 : 86, fig. 12 a-b, pl. 2 (2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL E 27, 8^{e} Gruner (Le Berland). Pennes d'ordre n se touchant, bords parallèles, extrémité obtuse. Rachis n et n -1 parfois ailés. Rachis et limbe marqués de verrues

Source : MNHN, Paris

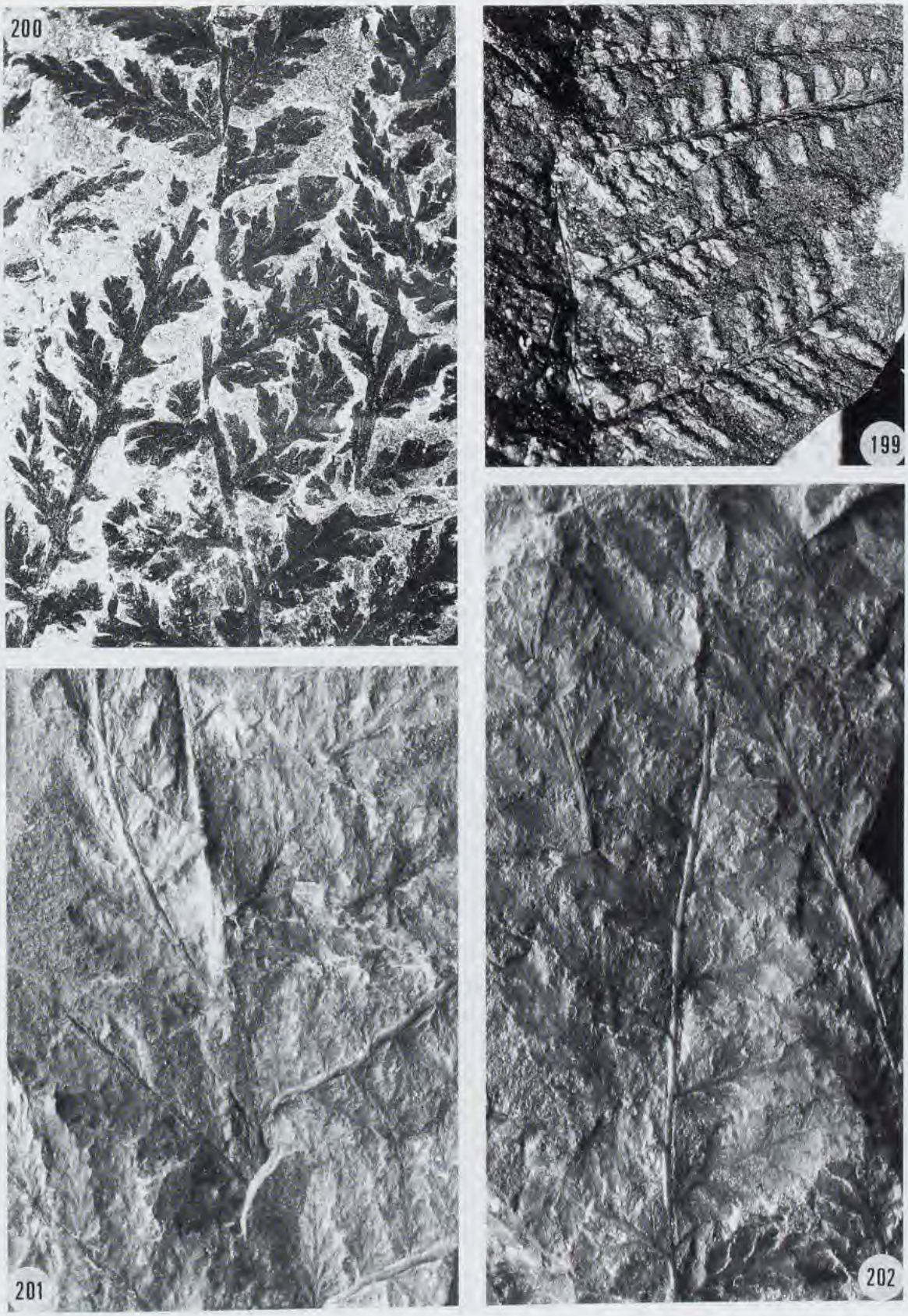


FIG. 199-202. — 199 (× 2) : *Sphenopteris danzei* (Kidston) Boureau et Doubinger ; 200-202 (× 2) : *Sphenopteris durbanensis* Corsin et Villa.

Source : MNHN, Paris

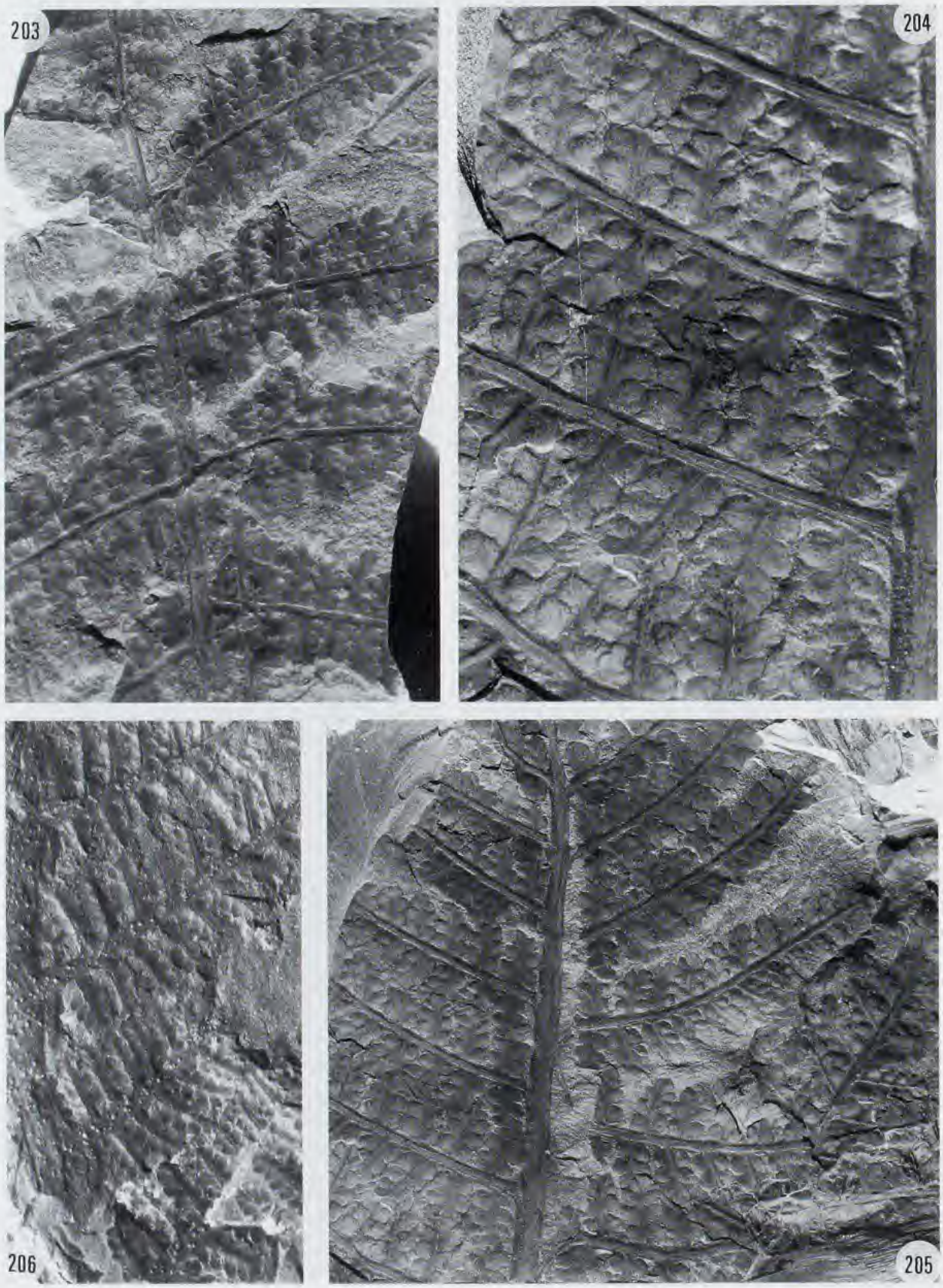


FIG. 203-206. — 203, 205, 206 (× 1), 204 (× 2) : *Sphenopteris decorpsii* Zeiller.

Source : MNHN, Paris

sphéroïdales. Pinnule peu évoluée plutôt ovale, bord légèrement ondulé, un peu contractée à la base. Pinnule très évoluée rectangulaire ou triangulaire, base nettement contractée, 4 à 5 paires de lobes triangulaires à subcarrés, séparés par des sinus larges. Nervation souvent peu distincte ; nervure médiane large, perpendiculaire ou un peu décurrente ; nervures latérales une à trois fois divisées « en bouquet », un groupe par lobe.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français.

Sphenopteris durbanensis Corsin & Vila, 1963
Fig. 200, 201, 202

Sphenopteris durbanensis, CORSIN & VILA, 1963, 7, 5 : 901-902, pl. 23 (1-6).
Sphenopteris durbanensis, ALVAREZ-RAMIS & DOUBINGER, 1963, 1 : 23-27, fig. 3-4.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 170, faisceau de Beaubrun (Pigeot -320). Pennes bipinnées au moins ; pennes de dernier ordre alternes, à bords longtemps parallèles, effilées à l'extrémité. Pinnules assez espacées, ce qui confère aux pennes un aspect aéré, de contour ovale, très rétrécies à leur base, finement lobées sur les bords. Nervation simple : une nervure médiane par pinnule envoie une nervure secondaire dans chaque lobule.

Cette espèce est proche de *S. mathetii* dont elle se distingue par la disposition moins dense des pennes de dernier ordre et des pinnules, caractères nettement visibles sur la fig. 218.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien des Corbières (Durban) et du Massif Central français.

PTÉRIDOPHYLLES À RAPPROCHER DES FILICOPSIDES LEPTOSPORANGIÉES

Sphenopteris gutbierii (Goeppert) Alvarez-Ramis, 1965
Fig. 207, 208

Oligocarpia gutbieri, GOEPPERT, 1841 : 35, pl. 4 (1, 2).
? « ***Pecopteris bredovi*** », GERMAR, 1845, pl. 14.
? « ***Pecopteris grigorievi*** », ZALESSKY & TCHIRKOVA, 1937 : 174, fig. 21-26.
« ***Sphenopteris (Oligocarpia) gutbieri*** », ALVAREZ-RAMIS, 1965 : 27, fig. 19, pl. 15 (1-3).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 177, assise de Rive de Gier (Puits Gillier). Selon BROUSMICHE (1983 : 236), qui a observé avec minutie un abondant matériel, il semble tout à fait impossible de distinguer, à l'état stérile, les limbes de *S. gutbieri*, de *P. bredovii* et de *P. grigorievii*. Cet auteur propose donc la mise en synonymie de ces trois morphes.

Rachis d'ordre n étroits, parfois ondulés ; rachis n -1 étroits, ailés. Pinnules petites, L = 2-4 mm, l = 2-3 mm, séparées, obliques, adhérentes à la base, bords convergents, sommet arrondi ; limbe paraissant très mince. Nervation nette, nervure médiane fine, ondulée, jusqu'au sommet, décurrente ; nervures latérales une ou deux fois divisées sous un angle obtus, espacées.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien C-D et Stéphanien (Europe, U.R.S.S., U.S.A.).

Source : MNHN, Paris

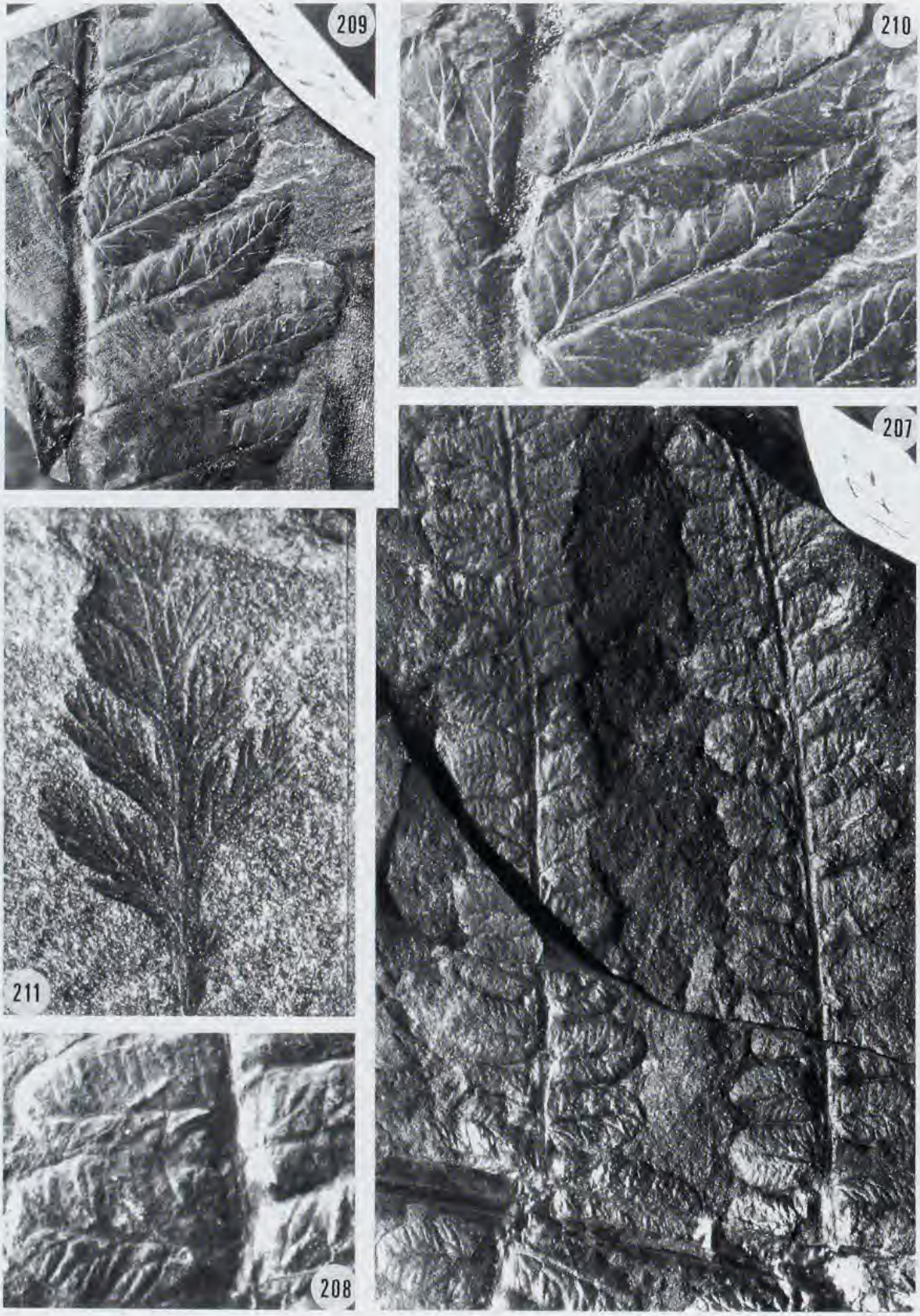


FIG. 207-211. — 207 (× 3), 208 (× 6) : *Sphenopteris gutbieri* (Goeppert) Alvarez-Ramis ; 209 (× 3), 210 (× 6) : *Sphenopteris leptophylla* (Bunbury) Alvarez-Ramis ; 211 (× 6) : *Sphenopteris mendes-correae* Teixeira.

Source : MNHN, Paris

Sphenopteris leptophylla (Bunbury) Alvarez-Ramis, 1976
Fig. 209, 210

Pecopteris leptophylla, Bunbury *in* Ribeiro, 1853 : 144-145, pl. 7 (2).
Sphenopteris cristata, Zeiller, 1888 : 64-67, pl. 3 (1-2).
Ovopteris pecopteroides, Landeskroener *in* Potonié, 1906, 4, n° 61.
Sphenopteris leptophylla, Alvarez-Ramis, 1976 : 15, fig. 7-8, pl. 1, 2, 3 (1-5), 4(1-5)
Pecopteris leptophylla, *auct non* Bunbury, 1853, Zeiller, 1892 : 31-33, pl. 7 (1-5).

Matériel figuré. — SEM 173, faisceau de Beaubrun (Sainte-Marie-Bouchage). Dans une mise au point bien documentée, Wagner & Lemos de Sousa (1985 : 461-490) retracent l'histoire de ce taxon et proposent une solution à un problème de nomenclature dont la complexité est évidente. Le spécimen-type étant perdu, les auteurs désignent un lectotype, fragment de feuillage stérile qu'ils désignent par le binôme *Oligocarpia leptophylla*, se référant ainsi à la forme fructifiée. On notera également que Wagner & Lemos de Souza rejettent l'institution, par Brousmiche (1983 : 250), d'un néotype fondé sur le matériel fertile, *Oligocarpia leptophylla*, précédemment étudié par Grauvogel-Stamm & Doubinger (1975 : 411).

Pinnules stériles ovales, triangulaires, acuminées et plus ou moins inclinées vers le sommet de la penne ; bords lobés, à lobes indentés « en dents de scie ». La nervation est typiquement pécoptéridienne.

En dépit de la variabilité des pinnules, la forme stérile reste relativement facile à identifier, en particulier si l'on considère l'aspect de sa nervation toujours nettement marquée.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien et Autunien d'Europe.

Sphenopteris mathetii Zeiller, 1888
Fig. 212, 213, 214

Sphenopteris « matheti », Zeiller, 1888 : 46-47, pl. 1 (3-6).
Sphenopteris biturica, Zeiller, 1888 : 46-47, pl. 1 (2).
Sphenopteris « matheti », Zeiller, 1906 : 23-31, pl. 4-7.
Sphenopteris mathetii, Brousmiche, 1983 : 337-342, fig. 103, pl. 92 (1).

Matériel figuré. — SEM 166, faisceau de Beaubrun. Pennes d'ordre n contiguës ou se recouvrant, l = 7-12 mm ; pennes n -1 séparées, L jusqu'à 23 cm. Pinnule peu évoluée oblique, base étroite ; évolution apicale. Pinnule évoluée étroite, base légèrement contractée, L = 4-5 mm, lobes anadromes presque parallèles au rachis, lobes catadromes perpendiculaires au rachis. Nervation fine, nette ; nervure médiane décurrente, nervures latérales simples dans les lobes catadromes, simples ou rarement bifides dans les lobes anadromes.

Penne aphléboïde catadrome dans l'angle des rachis n -2 et n -1. Première penne anadrome d'ordre n un peu plus longue que les suivantes.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien d'Europe.

Source : MNHN, Paris

Sphenopteris mendes-correae Teixeira, 1939
Fig. 211

Sphenopteris mendes-correae, TEIXEIRA, 1939a : 13, pl. 10 (1, 2, 5), 11 (1-3), 12, 13 (1-3), 14 (1-4).
Sphenopteris sampaiana, TEIXEIRA, 1939a : 12, fig. 3-5, pl. 8 (1, 2, 4), 9 (1-3).
Les organes sporangiés ont été décrits sous le nom de *Germera* par BROUSMICHE (1983 : p.109).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 266, faisceau de Gruner. Feuillage stérile digité. Rachis larges et plats ; rachis d'ordre n ailés. Pinnules peu différenciées en forme de languettes trapues inclinées de 45° sur le rachis, bord catadrome décurrent. Nervation bien marquée.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Portugal, France).

Sphenopteris minutisecta Fontaine & White, 1880

Sphenopteris minutisecta, FONTAINE & WHITE, 1880 : 43, pl. 5 (1, 1a, 2, 3, 4 et 4a).
Sphenopteris minutisecta, ALVAREZ-RAMIS, 1965 : 38, fig. 30-31, pl. 29 (1-2), pl. 30 (1-2), pl. 31 (1, 1a, 2-3).
Sphenopteris minutisecta, ALVAREZ-RAMIS & DOUBINGER, 1976 : 23-27, fig. 6-7.

Quelques pennes de dernier ordre récoltées dans le bassin de Saint-Étienne ont été figurées par ALVAREZ-RAMIZ & DOUBINGER (1976) et rapportées à *Sphenopteris minutisecta*. Les pennes portent des pinnules très petites, triangulaires, un peu adhérentes entre elles à leur base qui est contractée en un sinus aigu du côté supérieur et décurrente du côté inférieur ; leur contour est très finement lobé ; nervation peu distincte.

RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur — Permien inférieur des U.S.A., d'Allemagne, d'Espagne ; bassin de Saint-Étienne, faisceau de Beaubrun (5^e B.).

Sphenopteris picandetii Zeiller, 1888

« ***Sphenopteris picandeti*** », ZEILLER, 1888 : 53-54, pl. 2 (10-12).

MATÉRIEL EXAMINÉ. — SEM 164, 6^e Beaubrun. Pennes d'ordre n triangulaires, un peu falciformes, avec une aile décurrente sur le rachis d'ordre n -1. Pinnule peu évoluée étroite, séparées des pinnules voisines par un sinus étroit ; bords parallèles, sommet aigu ; développement de type apical. Pinnule évoluée décurrente avec deux ou trois paires de lobes aigus dirigés vers le sommet de la pinnule. Nervation nette, jusqu'au bord du limbe ; nervure médiane décurrente ; une nervure latérale par lobe.

Un seul exemplaire de cette espèce a été identifié à Saint-Étienne.

RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE. — Stéphanien d'Europe.

Sphenopteris rutæfolia Gutbier, 1835

Sphenopteris rutæfolia, GUTBIER, 1835 : 42, pl. 10 (10-11).
Sphenopteris rutæfolia, ALVAREZ-RAMIS & DOUBINGER, 1976 : 23-27, fig. 8-9.

Plusieurs fragments de pennes provenant de l'assise de Beaubrun du bassin de Saint-Étienne (T-B. -320 Pigeot, mur de la 5^e Beaubrun) ont été attribuées à *Sphenopteris rutaefolia* ; ils présentent

Source : MNHN, Paris

des pinnules courtes, assez massives, de forme générale arrondie et rétrécies à leur base, avec un bord faiblement ondulé.

RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne ; Westphalien C à Stéphanien d'Europe.

AUTRES PTÉRIDOPHYLLES À RAPPROCHER DES FILICOPSIDES

Genre *ALLOIOPTERIS* Potonié, 1897

ESPÈCE-TYPE. — ***Alloiopteris quercifolia*** (Goeppert, 1836) Potonié, 1897.

Alloiopteris, H. POTONIÉ, 1897 : 139, fig. 132.

Alloiopteris erosa (Gutbier) White, 1899
Fig. 216, 217

Pecopteris erosa, GUTBIER, 1843 : 81.
Alloiopteris erosa (Gutbier), WHITE, 1899 : 70, pl. 23 (6, 6a), 24 (3, 3a).
Corynepteris erosa, DANZÉ, 1956 : 341, pl. 56, 57 (1, 1a).
Alloiopteris erosa, WAGNER, 1971 : 482, pl. 8 (4, 4a).
Alloiopteris erosa, BROUSMICHE, 1983 : 90-96, fig. 20, pl. 15-17.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 151, assise de Rive de Gier (Grande Couche). Pennes primaires allongées et lancéolées ; pennes secondaires très allongées, rubannées, à bord parallèles.

Pinnules petites, attachées au rachis par toute leur base et inclinées sur le rachis, adhérentes entre elles sur une partie de leur hauteur ; bord supérieur entaillé par 3 ou 4 petites dents courtes et pointues.

Nervation fine mais nette ; nervure principale très décurrente sur le rachis se divisant deux ou trois fois en nervules se terminant dans les dents de la bordure du limbe.

En dépit de leur médiocre qualité, les échantillons dont nous disposons témoignent de la présence de cette espèce à Saint-Étienne (Puits Gillier).

Le genre *Alloiopteris* représente les frondes végétatives correspondant aux parties fertiles de *Corynepteris* (non trouvées à Saint-Étienne) qui appartiennent à l'Ordre des Zygoptéridales (BOUREAU & DOUBINGER, 1975 : 605-608).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien A-B-C-D, Stéphanien A (Sarre-Lorraine).

Source : MNHN, Paris

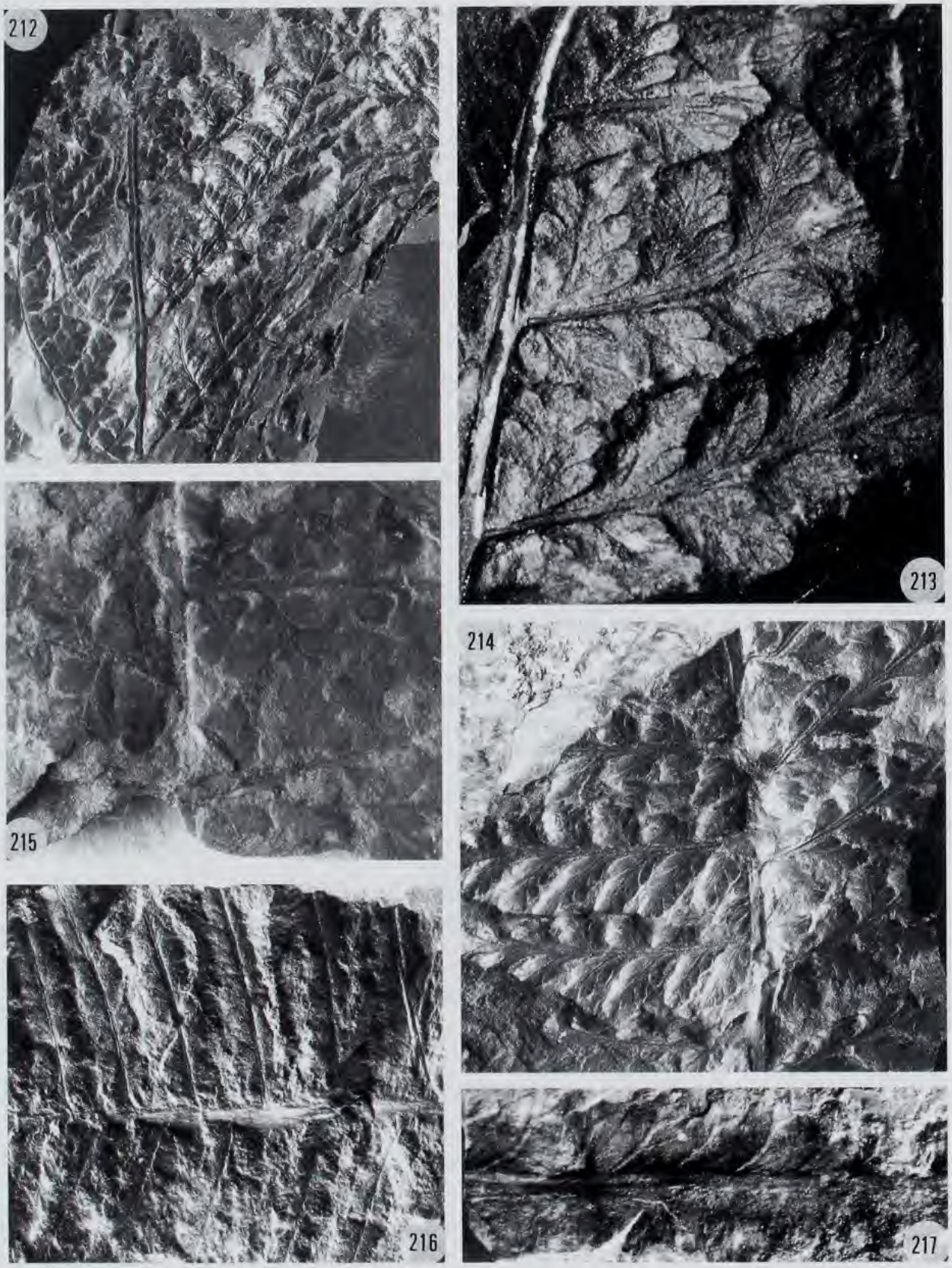


FIG. 212-217. — 212 (× 1), 213 (× 6), 214 (× 3) ; *Sphenopteris matheti* Zeiller ; 215 (× 3) : *Eusphenopteris rotundiloba* (Nemejc) Van Amerom ; 216 (× 2), 217 (× 6) : *Alloiopteris erosa* (Gutbier) White.

Source : MNHN, Paris

EMBRANCHEMENT DES SPERMATOPHYTA

CLASSE DES PTERIDOSPERMOPSIDA

ORDRE DES CALLISTOPHYTALES

TIGES

Genre *CALLISTOPHYTON* Delevoryas et Morgan, 1954, emend. Rothwell, 1975

ESPÈCE-TYPE. — ***Callistophyton poroxyloides*** Delevoryas et Morgan, 1954.

Callistophyton, DELEVORYAS & MORGAN, 1954, : 17, fig. 4-8.

Callistophyton *cf.* ***poroxyloides*** Delevoryas & Morgan, 1954 emend. Rothwell, 1975

Fig. 222

Callistophyton poroxyloides, DELEVORYAS & MORGAN, 1954 : 131-138.
Callistophyton poroxyloides, ROTHWELL, 1975 : 171-196.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LPM, lame GC 616.

DESCRIPTION. — Cette petite tige à faisceaux de xylème primaire apparemment mésarches devrait être rapportée à l'espèce *C. poroxyloides* du Pennsylvanien américain alors que l'espèce *C. boyssetii* (Renault) Rothwell du Permien d'Autun montrerait des faisceaux à développement endarche (ROTHWELL, 1975). La distinction nous paraît peu probante.

À noter qu'il s'agit de la première description d'une tige de *Callistophyton* dans le Stéphanien français.

Perminéralisation.

REMARQUE. — 1) Il est admis que les feuilles de *Callistophyton* à l'état de compression correspondent au genre *Dicksonites* Sterzel.

2) Des feuilles perminéralisées de Grand'Croix, désignées comme *Poroxylon stephanensis*, ont été décrites par BERTRAND & RENAULT (1886, 1887). Compte tenu de la mise en synonymie de *Poroxylon* avec *Callistophyton* (ROTHWELL, 1975), elles devraient être attribuées à ce dernier genre. Toutefois, ces feuilles montrent des caractères de Cordaïtales et les préparations types n'ayant pas été retrouvées, nous n'avons pas retenu cette espèce comme valide.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare et Pennsylvanien des USA.

Source : MNHN, Paris

FRUCTIFICATIONS

DICKSONITES fructifié

Dicksonites pluckenetii (Brongniart) Sterzel, 1881
Fig. 218-221

MATÉRIEL FIGURÉ ET EXAMINÉ. — MNHN 11250. Ce très bel échantillon fructifié a été retrouvé au cours de notre travail de révision des collections. Sa provenance (Mine de Cros) suggère une communauté de gisement avec les échantillons précédemment signalés par GRAND'EURY (1905) et avec ceux qui ont fait l'objet de l'étude de MEYEN et LEMOIGNE (1986).

Bien que réduits, les fragments de limbe permettent l'identification de *D. pluckenetii*. De nombreux ovules, conservés en empreinte, montrent une partie centrale ovale allongée (nucelle) entourée d'une aile étroite. En position apicale, on observe une encoche nettement marquée qui, selon MEYEN & LEMOIGNE, correspondrait à la présence d'un large micropyle. On retrouve ici les principaux traits du schéma proposé par ZEILLER (1905) et repris par EMBERGER (1968 : 398).

En conclusion de leur étude, MEYEN & LEMOIGNE estiment que *D. pluckenetii* devrait être considéré comme un représentant de l'ordre des Callistophytales.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Rares échantillons connus à Zwickau (STERZEL, 1886), à Saint-Étienne (GRAND'EURY, 1905).

À noter qu'un exemplaire récolté dans le Stéphanien de Blanzy-Montceau a été rapporté à l'espèce *D. sterzelii* laquelle présente une étroite parenté avec *D. pluckenetii* (LANGIAUX, 1986). Par ailleurs, l'appartenance au genre *Dicksoniites* de l'échantillon de Mandchourie, signalé par OGURA (1948), paraît douteuse.

Genre ***LEPTOTESTA*** Loubière, 1929

ESPÈCE-TYPE. — ***Leptotesta grandeuryi*** Loubière, 1929.

Leptotesta, LOUBIERE, 1929 : 594, pl. 12.

Leptotesta grandeuryi Loubière, 1929

Leptotesta grandeuryi, LOUBIÈRE, 1929 : 593-605, pl. 12.

MATÉRIEL-TYPE. — Une lame retrouvée : MNHN 218, coll. GRAND'EURY (correspond à la lame 14-927 indiquée par LOUBIÈRE, 1929 ; les lames 14-928 et 14-929 non identifiées).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — Très petit ovule à deux plans de symétrie rectangulaires et nucelle indépendant du tégument. Détail de la chambre pollinique non connu.

REMARQUE. — À partir d'un spécimen de silex de Grand'Croix, GRAND'EURY avait fait réaliser trois sections et il avait indiqué sur l'une d'elles « graine de *Pecopteris pluckeneti* » mais la preuve de cette identification n'est pas fournie.

Ces sections ont été décrites et figurées pour la première fois par LOUBIÈRE (1929) ; longtemps avant la définition de l'ordre des Callistophytales, cet auteur avait reconnu que ce petit ovule platyspermique représente une troisième lignée parmi les ptéridospermées.

Leptotesta correspond vraisemblablement à un ovule de *Callistophyton*. Dans ce cas,

Source : MNHN, Paris

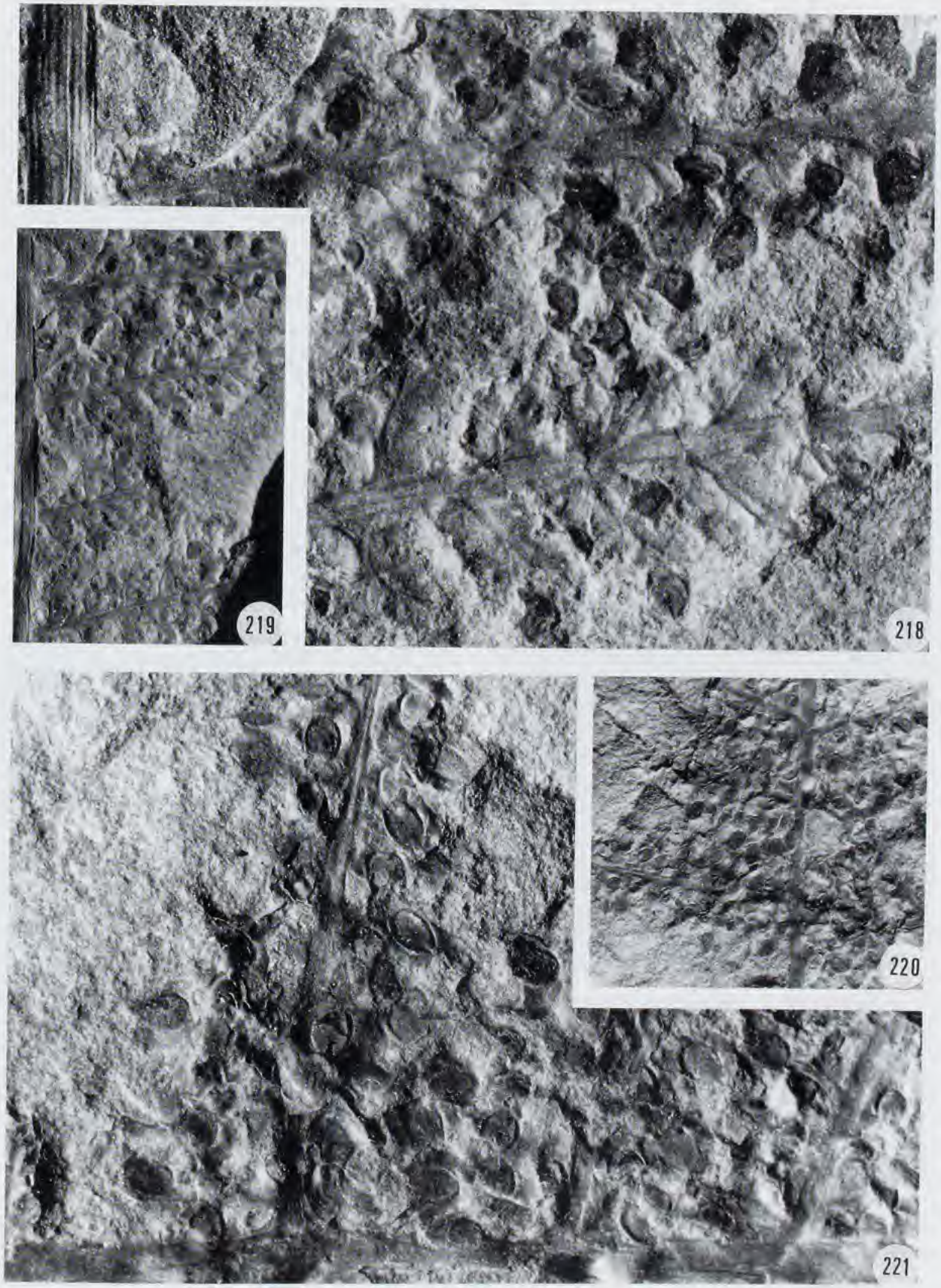


FIG. 218-221. — 218 (× 3), 219, 220 (× 1), 221 (× 3) : *Dicksonites pluckenetii* (Brongniart) Sterzel.

Source : MNHN, Paris

Leptotesta serait synonyme, et avec priorité, de *Callospermarion* Eggert et Delevoryas (1960) qui a été décrit ultérieurement puis démontré comme étant un ovule de *Callistophyton*.

À noter que la publication de LOUBIÈRE a été ignorée par les auteurs américains. Par contre, ROTHWELL (1980) mentionne le *Gnetopsis augustodunensis* Renault (1893-1896) comme ovule probable des *Callistophyton* d'Autun.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien. Très rare.

ORDRE DES PTÉRIDOSPERMALES

FAMILLE DES *MEDULLOSACEAE*

TIGES, FEUILLES

Genre *MEDULLOSA* Cotta, 1832

ESPÈCE-TYPE. — ***Medullosa stellata*** Cotta, 1832.

Medullosa, COTTA, 1832 : 65, pl. 13.

Medullosa geriensis Scott, 1923 emend. Boureau, 1951

Fig. 223

Medullosa geriensis, SCOTT, 1923 : 186.
Medullosa geriensis, BOUREAU, 1951 : 419-423, pl. 13-14.

MATÉRIEL-TYPE ET FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2483.

LOCALITÉ-TYPE. — La localisation d'origine « près de Rive de Gier » n'est pas exactement connue, mais selon toute vraisemblance, l'horizon est le même que Grand'Croix.

REMARQUE. — Il s'agit d'un fragment de tige décortiqué.

Il est tout à fait remarquable que les restes de tiges de *Medullosa* soient très rares à Grand'Croix alors que les feuilles et les structures fertiles femelles correspondantes comptent parmi les fossiles les plus communs.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Rive de Gier). Très rare.

Genre *MYELOXYLON* (Cotta) Brongniart, 1848

ESPÈCE-TYPE. — ***Myeloxylon elegans*** (Cotta) Brongniart, 1848.

Medullosa, COTTA, 1832 : 61, pl. 12, fig. 1-5.
Myeloxylon, BRONGNIART, 1849 : 109.

Source : MNHN, Paris

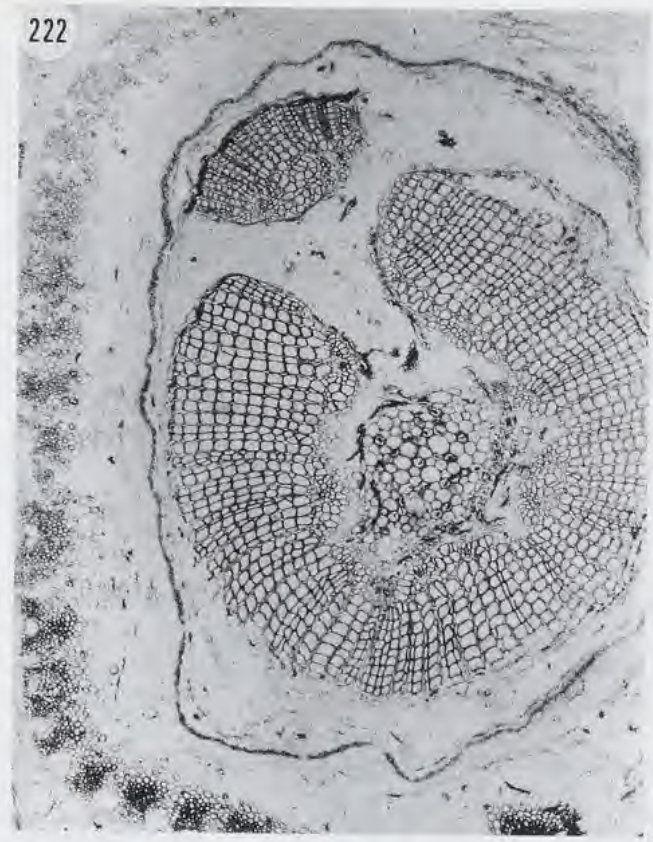


FIG. 222-226. — 222 (× 20) : *Callistophyton* cf. *poroxyloides* Delevoryas & Morgan, jeune tige, coupe transversale ; 223 (× 10) : *Medullosa geriensis* (Scott) Boureau, tige, coupe transversale d'un massif de xylème ; 224 (× 7) : *Myeloxylon landriotii* (Renault) Carpentier, rachis, coupe transversale ; 225 (× 13) : *Alethopteris* sp., sommet d'une penne, section paradermale ; 226 (× 15) : *Alethopteris* sp., pinnule, section transversale.

FIGS. 222-226. — 222 (× 20): Callistophyton *cf.* poroxyloides *Delevoryas & Morgan, young stem, transverse section ; 223 (× 10):* Medullosa geriensis *(Scott) Boureau, stem, transverse section showing one xylem strand ; 224 (× 7):* Myeloxylon landriotii *(Renault) Carpentier, rachis, transverse section ; 225 (× 13):* Alethopteris *sp., apical part of a pinna, paradermal section ; 226 (× 15):* Alethopteris *sp, pinnule, transverse section.*

Source : MNHN, Paris

Myeloxylon landriotii (Renault) Carpentier, 1932
Fig. 224

Myelopteris « landrioti », RENAULT, 1875 c : 12-16, pl. 3 (19-20), pl. 5 (41-42).
Medullosa sp., GRAND'EURY, 1877 : 128-129, pl. 13 (5-8).
Alethopteris sp., RENAULT, 1883 : pl. 28 (1)
Myeloxylon sp., CARPENTIER, 1932 : 11-12, pl. 5.

MATÉRIEL-TYPE. — Non identifié.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LPM, lame GC 671.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — Nombreuses lames dans la collection RENAULT et divers spécimens de la collection de Montpellier.

REMARQUE. — Le spécimen figuré, comme plusieurs autres examinés, est conforme à l'illustration de RENAULT (1875, fig. 41), nous l'attribuons donc à l'espèce décrite par cet auteur. De nombreux rachis et pennes en connexion avec des pinnules *d'Alethopteris* perminéralisés ont la même anatomie : fig. 225 (MNHN, coll. RENAULT, lame 2353) et fig. 226 (LPM, lame GC 527).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Assez commun.

FRUCTIFICATIONS FEMELLES

Genre *AETHEOTESTA* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Aetheotesta subglobosa*** Brongniart, 1874.
Aetheotesta, BRONGNIART, 1874 : 260, pl. 23, fig. 16-18.

Aetheotesta subglobosa Brongniart, 1874
Fig. 227

Aetheotesta subglobosa, BRONGNIART, 1874 : 260, pl. 23 (16-18).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2949, 2954, 2956 (= respectivement fig. 17, 16, 18, pl. 23 de BRONGNIART, 1874).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, 2954.

DESCRIPTION. — Cet ovule est caractérisé par la texture fibreuse de la sarcotesta qui est composée de fibres allongées radialement. Près du sommet, la sarcotesta est creusée de lacunes horizontales (? aérifères) qui auraient joué un rôle dans la dispersion.

Nous présentons pour la première fois une illustration photographique de ce taxon.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Grand'Croix. Très rare.

Source : MNHN, Paris

Aetheotesta elliptica Renault, 1887

Aetheotesta elliptica, Renault, 1887 : 1-6, pl. 1.
Aetheotesta elliptica, Renault, 1896 : 272- 278, fig. 49-51.

Matériel-type. — Non retrouvé.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — Renault a décrit cette deuxième espèce *d'Aetheotesta*, également de Grand'Croix, sans la justifier vraiment. Une dimension légèrement supérieure et la présence de prépollens monolètes dans la chambre pollinique semblent être les seuls critères de séparation de cette deuxième espèce que nous sommes tentés de considérer comme synonyme de *A. subglobosa*. Toutefois, le matériel de *A. elliptica* n'ayant pu être étudié, nous conserverons cette espèce avec réserves.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien de Grand'Croix. Très rare.

Genre *Codonospermum* Brongniart, 1874

Espèce-type. — ***Codonospermum anomalum*** Brongniart, 1874.

Codonospermum, Brongniart, 1874 : 258, pl. 23, fig. 9-12.

Codonospermum anomalum Brongniart, 1874
Fig. 228 et 233-235

Codonospermum anomalum, Brongniart, 1874 : 257, pl. 23 (9-12).
Codonospermum anomalum, Grand'Eury, 1877 : 184, pl. 15 (5).
Codonospermum anomalum, Renault & Zeiller, 1890 : pl. 73 (22-26).
Codonospermum anomalum, Renault, 1893-1896 : 393-395, pl. 87 (3-10).
Codonospermum anomalum, Combourieu & Galtier, 1985 : 17-23, text-fig. 9-10, pl. 4 (1-11), pl. 5 (9-10) : désignent des spécimens-types de l'espèce.

Matériel-type. — MNHN, coll. Renault, lames 3151 (lectotype, figuré par Brongniart), 3146, 3148, 3150, 3153 (paratypes, figurés par Renault et Zeiller puis Renault). Matériel type figuré (fig. 228) : MNHN, coll. Renault 3151.

Localité-type. — Grand'Croix.

Autre matériel examiné. — MNHN, coll. Renault, lames 3147, 3149, 3152 et spécimens LPM 513, 609, 694, 1231, 1232.

Remarque. — Cette espèce a été fondée sur des spécimens silicifiés mais le même nom a été donné par Grand'Eury (1877) à des « graines » en compression qui sont assez communes dans le Stéphanien. Elles sont globuleuses, divisées en deux parties par un étranglement circulaire : l'une, en forme de pyramide surbaissée est la « graine » proprement dite, l'autre arrondie, formant une cavité remplie d'air (fig. 233, 235).

Le genre est bien caractérisé par la présence de cette cloche occupant la moitié inférieure de l'ovule et qui jouait vraisemblablement le rôle d'un flotteur.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien. Assez commune.

Source : MNHN, Paris

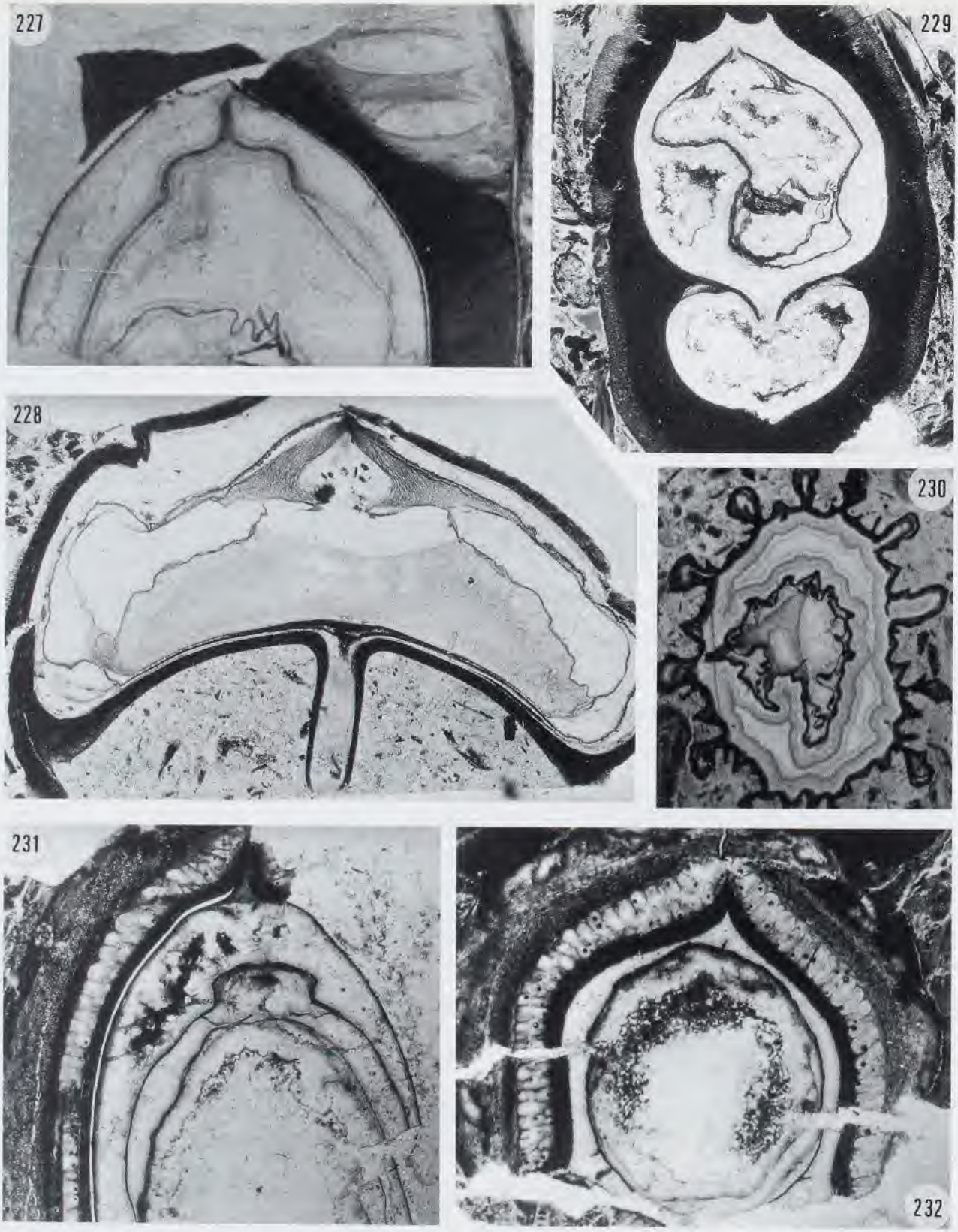


FIG. 227-232. — 227 (× 6) : *Aetheotesta subglobosa* Brongniart, section longitudinale du sommet de l'ovule ; 228 (× 10) : *Codonospermum anomalum* Brongniart, section longitudinale de l'ovule montrant la chambre pollinique ; 229 (× 5) : *Codonospermum olivaeformis* Renault, section longitudinale de l'ovule ; 230 (× 6) : *Colpospermum multinervis* (Renault) Combourieu & Galtier, ovule, section transversale ; 231, 232 (× 6) : *Compsotesta brongniartii* Bertrand, sections longitudinale (231) et transversale (232) de l'ovule.

FIGS. 227-232. — 227 (× 6): Aetheotesta subglobosa *Brongniart, apical region of ovule, longitudinal section ; 228 (× 10):* Codonospermum anomalum *Brongniart, longitudinal section of the ovule showing the pollen chamber ; 229 (× 5):* Codonospermum olivaeformis *Renault, ovule, longitudinal section ; 230 (× 6):* Colpospermum multinervis *(Renault) Combourieu & Galtier, ovule, transverse section ; 231, 232 (× 6):* Compsotesta brongniartii *Bertrand, longitudinal (231) and transverse section (232) of the ovule.*

Source : MNHN, Paris

Codonospermum olivæformis Renault & Zeiller, 1890 emend. Renault, 1896
Fig. 229

Codonospermum olivæformis, Renault & Zeiller 1890 : pl. 73 (27-28), *nom. nud.*
Codonospermum olivæforme, Renault, 1893-1896 : pl. 87 (12-14), p. 395.
Codonospermum olivæforme, Combourieu & Galtier, 1985 : 20-23, text-fig. 11, pl. 5 (1-5, 11) : désignent des spécimens-types de l'espèce.

Matériel-type. — MNHN, coll. Renault, lame 3185 (lectotype, lame figurée par Renault et Zeiller, 1890 et Renault, 1893) ; coll. Renault, lames 3187 et 3197 et coll. Grand'Eury, lame 67 (paratypes). Matériel figuré : MNHN, coll. Renault, lame 3185.

Localité-type. — Grand'Croix.

Autre matériel. — LPM, spécimens 550, 1233, 1234.

Remarque. — Cette espèce se distingue par sa taille plus grande, sa forme plus allongée, ses téguments plus épais et d'organisation légèrement différente au niveau de la limite sclérotesta-sarcotesta. À noter que l'espèce avait été illustrée par Renault & Zeiller (1890) sous le nom de *C. olivæformis* mais vraiment décrite par Renault (1893-1896) sous le nom de *C. olivæforme*. Paraît plus rare que *C. anomalum* et moins facile à identifier en compression.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Assez rare.

Genre *Coleospermum* Loubière, 1931

Espèce-type. — ***Coleospermum stephanense*** Loubière, 1931.
Coleospermum, Loubière, 1931 : 12.

Coleospermum stephanense, Loubière, 1931

Coleospermum stephanense, Loubière, 1931 : 1-12, pl. 19.

Matériel-type. — Une seule lame identifiée : MNHN, coll. Grand'Eury, lame 217 correspondant aux fig. 1-3 de Loubière.

Localité-type. — Grand'Croix.

Remarque. — Genre défini à partir d'un seul spécimen dont les téguments sont réduits à la sclérotesta ce qui rend la caractérisation de ce spécimen très problématique. Est considéré comme voisin de *Stephanospermum*.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

Genre *Colpospermum* Renault, 1890

Espèce-type. — ***Colpospermum sulcatum*** Renault, 1890.
Colpospermum, Renault in Renault & Zeiller, 1890 : 653, pl. 72, fig. 63-66.

Source : MNHN, Paris

Colpospermum multinerve Renault, 1896 emend. Combourieu et Galtier, 1985
Fig. 230

Colpospermum multinerve, RENAULT, 1893-1896 : 403, pl. 84 (9).
Colpospermum sulcatum var. stephanense, RENAULT, 1893-1896 : 402, pl. 84 (5-8, 10).
Colpospermum multinerve, COMBOURIEU & GALTIER, 1985 : 13-17, text-fig. 7-8, pl. 3 (1-11).
Carpolithes sulcatus, RENAULT & ZEILLER, 1890 : pl. 73 (2-3).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3092 (lectotype) ; lames 3091, 3093 (paratypes), illustrées par RENAULT ; lames 12, 23, 54 coll. GRAND'EURY.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 23.

AUTRE MATÉRIEL EXAMINÉ. — LPM, spécimens 551 et 1202.

REMARQUE. — Le genre avait été créé par RENAULT (*in* RENAULT & ZEILLER, 1890) pour des graines conservées en empreintes du Stéphanien de Commentry, l'espèce-type étant *C. sulcatum* identifiée à *Carpolithes sulcatus* ; sous ce dernier nom figurent cependant deux graines silicifiées de Grand'Croix. RENAULT (1893-1896) élargit ensuite le concept du genre en y rapportant des graines silicifiées de Grand'Croix dont il distingua deux espèces ; celles-ci ont été mises en synonymie par COMBOURIEU & GALTIER (1985) qui redéfinissent l'espèce *C. multinerve* et désignent les spécimens-types. L'organisation du sclérotesta en un système de côtes arrondies et de crêtes anastomosées est particulière au genre *Colpospermum*. L'absence de vascularisation peut être liée à la destruction du sarcotesta.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix en perminéralisation), Commentry. Rare.

Genre *COMPSOTESTA* Bertrand, 1909

ESPÈCE-TYPE. — ***Compsotesta brongniartii*** Bertrand, 1909.
Compsotesta, BERTRAND, 1909 : 189, pl. 11.

Compsotesta brongniartii Bertrand, 1909
Fig. 231-232

Compsotesta brongniartii, BERTRAND, 1909 : 187- 212, pl. 11.

MATÉRIEL-TYPE ET FIGURÉ. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lames 229- 230.
N. B. — D'après les indications de BERTRAND, d'anciennes lames (non identifiées) de la collection RENAULT doivent appartenir aussi à ce taxon.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Ce taxon est fondé sur un seul spécimen dont trois sections, prises dans la moitié inférieure de l'ovule, ont été illustrées par BERTRAND. Ces sections n'ont pas été reconnues dans la collection RENAULT où elles doivent se trouver ; par contre, nous avons identifié et figuré deux sections (coll. GRAND'EURY, lames 229-230) prises dans la moitié supérieure de l'ovule (apparemment ignorées par BERTRAND) et qui de toute évidence complètent la série. Les téguments à structure complexe caractérisent cet ovule qui a une symétrie d'ordre 3. La sclérotesta dense est relativement mince alors que la sarcotesta bipartite est épaisse ; on y reconnaît une sarcotesta interne

Source : MNHN, Paris

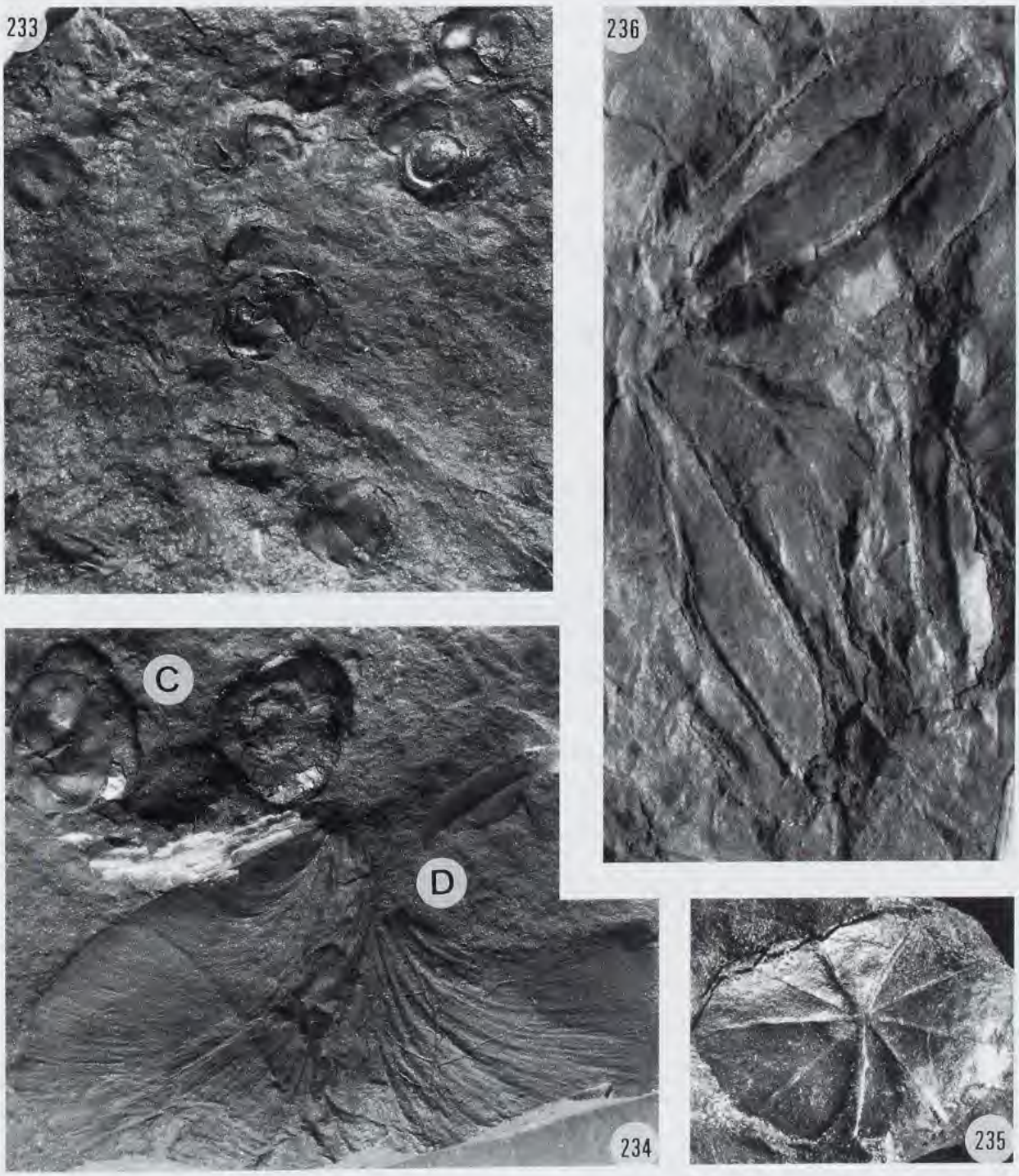


FIG. 233-236. — 233 (× 1), 234 « C » (× 2), 235 (× 6) : *Codonospermum anomalum* Brongniart ; 234 « D » (× 2) : *Dolerophyllum pseudopeltatum* (Grand'Eury) Renault (p. 199) ; 236 (× 2) : « *Polypterospermum caudatum* Grand'Eury ».

Source : MNHN, Paris

parenchymateuse « lacunifère » dans laquelle BERTRAND interprète le réseau de lacunes comme des « chambres ovigères » ; la zone externe parenchymateuse contient au moins six faisceaux.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

Genre *ERIOTESTA* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Eriotesta velutina*** Brongniart, 1874.

Eriotesta, BRONGNIART, 1874 : 256, pl. 23, fig. 4, 5.

Eriotesta octogona Brongniart, 1874
Fig. 237

Eriotesta octogona, BRONGNIART, 1874 : 264, pl. 23 (4-5).

MATÉRIEL-TYPE ET FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3101, b. 147 (= fig. 4 de BRONGNIART) ; coll. RENAULT, lames 3097-3099.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Taxon douteux fondé sur des sections d'un ovule incomplet, de symétrie d'ordre 8. Les seules informations concernent la structure du tégument à fibres ou « poils » allongés radialement. L'organisation apicale est inconnue.
Une confusion existe au sujet de l'épithète spécifique : « *velutina* » selon le texte et « *octogona* » d'après la légende. Cette confusion a été répétée par BRONGNIART (1881).
N. B. — Première illustration photographique de ce taxon.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Genre *GAUDRYA* Grand'Eury, 1890

ESPÈCE-TYPE. — ***Gaudrya trivalvis*** Grand'Eury, 1890.

Gaudrya, GRAND'EURY, 1890 : 308, pl. 4, fig. 12.

Gaudrya trivalvis Grand'Eury, 1890
Fig. 238

Gaudrya trivalvis, GRAND'EURY, 1890 : 308-309, pl. 4 (12, 12', 12", 12'").

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lames 86 et 113.

LOCALITÉ-TYPE. — « Saint-Étienne ».

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 86.

DESCRIPTION. — GRAND'EURY a fondé la description de cet ovule sur quatre sections réalisées par RENAULT dans une graine de Saint-Étienne conservée dans « la silice ». La localité n'est pas précisée mais il y a lieu de penser qu'il s'agit d'un horizon équivalent à celui de Grand'Croix même si la conservation est légèrement différente.
GRAND'EURY illustre une section transversale et deux longitudinales accompagnées d'une description assez précise qui tient lieu de diagnose. Le diamètre de l'ovule est de 16-18 mm, les

Source : MNHN, Paris

téguments bien conservés sont épais (5 mm). La symétrie d'ordre 3 est marquée par des commissures qui affectent la sclérotesta. Une particularité de cet ovule est la présence de « canaux à gomme » traversant à la fois la sclérotesta et la sarcotesta. Compte tenu de son organisation générale, cet ovule doit être rapproché de *Compsotesta*, *Tripterospermum* et *Pachytesta pusilla*. Ce taxon a été généralement ignoré dans la littérature.

N. B. — Première illustration photographique.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne. Très rare.

Genre *GNETOPSIS* Renault et Zeiller, 1884

ESPÈCE-TYPE. — ***Gnetopsis elliptica*** Renault et Zeiller, 1884.

Gnetopsis, RENAULT & ZEILLER, 1884 : 57.

Gnetopsis elliptica Renault & Zeiller, 1884

Fig. 239

Gnetopsis elliptica, RENAULT & ZEILLER, 1884 : 56-58.
Gnetopsis elliptica, RENAULT, 1885 : 179-183, pl. 20 (1-10), 21(1-6), 22 (2-4).
Gnetopsis elliptica, OLIVER & SALISBURY, 1911 : 31-35, text-fig. 11.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, b. 153-154, lames 3233-3245 (figurées par RENAULT).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3233.

REMARQUE. — Parmi la trentaine de taxons d'ovules reconnus à Grand'Croix, c'est le seul dont on a la preuve qu'il était porté dans une cupule. C'est aussi le seul que l'on puisse rapporter aux Lagénostomales mais, avec juste raison, OLIVER & SALISBURY (1911) le rapprochent surtout du genre *Conostoma* Williamson.

N. B. — Première figuration photographique.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

Genre *HEXAPTEROSPERMUM Brongniart, 1874*

ESPÈCE-TYPE. — ***Hexapterospermum stenopterum*** Brongniart, 1874.

Hexapterospermum, BRONGNIART, 1874 : 254, pl. 22, fig. 12, 13.

Hexapterospermum pachypterum Brongniart, 1874

Fig. 240

Hexapterospermum pachypterum, BRONGNIART, 1874 : 255, pl. 22 (14).

MATÉRIEL-TYPE ET FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 9288.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — Plusieurs lames des collections GRAND'EURY et RENAULT.

REMARQUE. — D'après BRONGNIART, cette espèce se distingue par son tégument homogène constitué de fibres allongées. Il est probable que la sarcotesta n'ait pas été conservée.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Source : MNHN, Paris

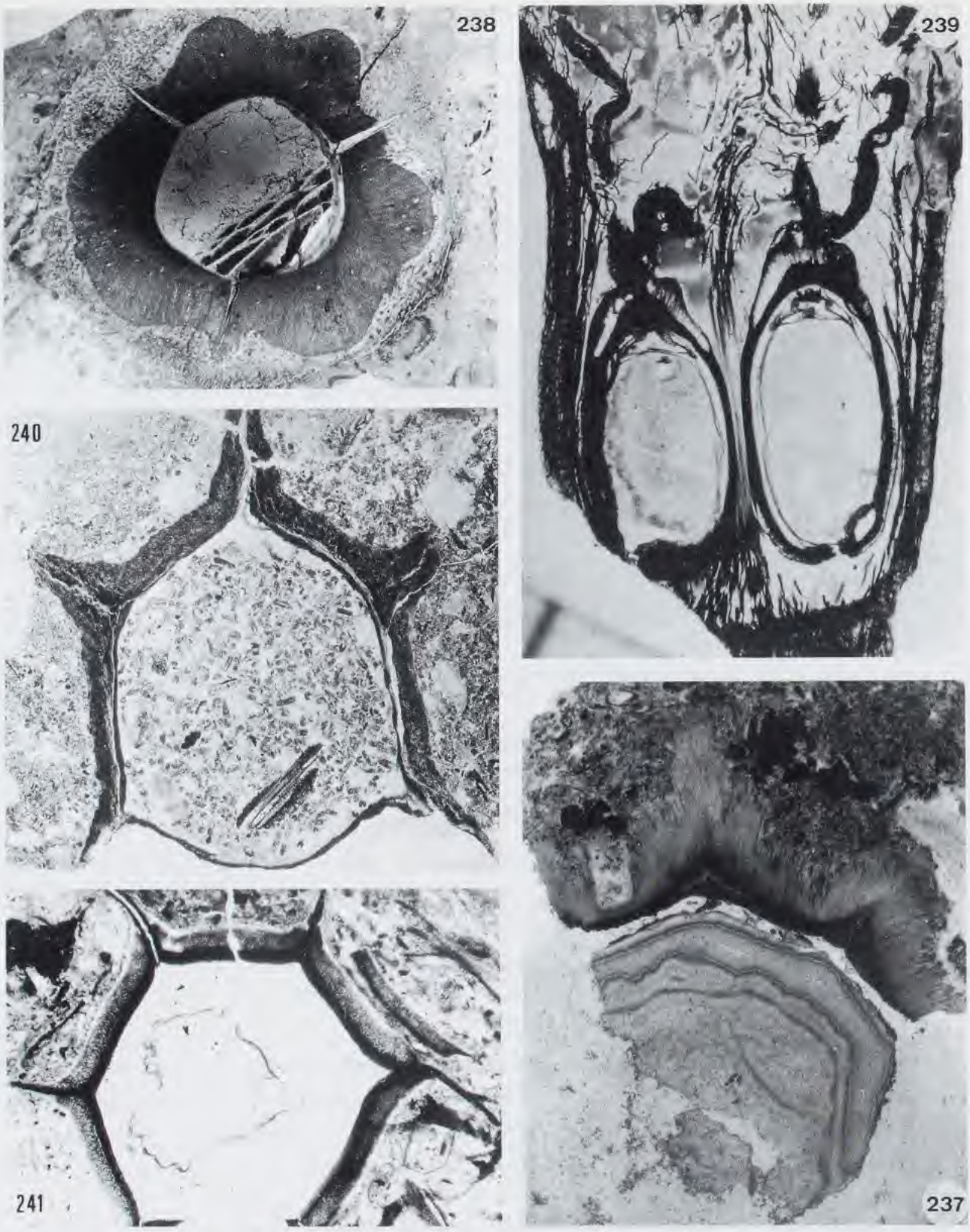


FIG. 237-241. — 237 (× 7) : *Eriotesta octogona* Brongniart, section transversale incomplète de l'ovule ; 238 (× 5) : *Gaudrya trivalvis* Grand'Eury, ovule, section transversale ; 239 (× 22) : *Gnetopsis elliptica* Renault & Zeiller, section longitudinale de la cupule passant par deux ovules ; 240 (× 7) : *Hexapterospermum pachypterum* Brongniart, ovule, section transversale ; 241 (× 7) : *Hexapterospermum stenopterum* Brongniart, ovule, section transversale.

FIG. 237-241. — 237 (× 7): Eriotesta octogona *Brongniart, ovule incomplete transverse section; 238 (× 5):* Gaudrya trivalvis *Grand'Eury, ovule, transverse section; 239 (× 22):* Gnetopsis elliptica *Renault & Zeiller, cupule, longitudinal section through two ovules; 240 (× 7):* Hexapterospermum pachypterum *Brongniart, ovule transverse section; 241 (× 7):* Hexapterospermum stenopterum *Brongniart, ovule, transverse section.*

Source : MNHN, Paris

Hexapterospermum stenopterum Brongniart, 1874
Fig. 241

Hexapterospermum stenopterum, BRONGNIART, 1874 : 254, pl. 22 (12-13).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 9289-9290.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 9290.

MATÉRIEL EXAMINÉ. — MNHN, plusieurs lames des collections GRAND'EURY et RENAULT.

REMARQUE. — Cette espèce se distingue par son tégument bipartite.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

N. B. — TAYLOR (1966) a décrit une troisième espèce du Pennsylvanien de l'Illinois ; celle-ci montre un tégument tripartite différent de celui des espèces de Grand'Croix. À noter aussi que, selon TAYLOR, le genre est caractérisé par un tégument à 6 lobes montrant chacun une commissure de la sclérotesta ce qui n'est peut-être pas la règle dans tous les spécimens de BRONGNIART. Le genre doit être révisé.

Genre *PACHYTESTA* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Pachytesta incrassata*** Brongniart, 1874.

Pachytesta, BRONGNIART, 1874 : 262, pl. 22, fig. 4.

TAYLOR (1965), qui a réexaminé le genre, retient 13 espèces connues du Namurien au Stéphanien moyen. Trois d'entre elles ont été décrites à Grand'Croix où elles correspondent à la fin de l'extension stratigraphique du genre.

Pachytesta gigantea Brongniart 1874, emend. Taylor, 1965

Pachytesta gigantea, BRONGNIART, 1874 : 249-251, pl. 22 (?4).
Pachytesta gigantea, BRONGNIART, 1881 : 85-88, pl. 17 (1, 3-5, 7-8), 18, 21.
Pachytesta gigantea, TAYLOR, 1965 : 23-27, pl. 16-20.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2996 et 2990 (lectotype = BRONGNIART, pl. 17/5-8 et pl. 18/2).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUES. — TAYLOR (1965) a redéfini l'espèce qui est également présente dans le Pennsylvanien de l'Illinois ; nous avons identifié les deux lames qui représentent le lectotype mais leur conservation étant défectueuse, nous n'avons pas jugé utile de les figurer.

Sous le même nom, *Pachytesta gigantea*, GRAND'EURY (1877 : 204, pl. 16, fig. 5) a illustré le spécimen en compression d'un rachis portant plusieurs ovules que nous n'avons pas retrouvé. Par contre, deux échantillons exceptionnels très semblables à celui de GRAND'EURY (fig. 247-248 = SEL G1) confirment que ces énormes ovules étaient portés obliquement, en deux rangées opposées, par de robustes rachis spécialisés finement striés. Par ailleurs, de nombreux ovules isolés, dont nous figurons un exemplaire (fig. 249 = SEM 567), montrent bien la similitude de ces compressions avec les structures perminéralisées sans qu'il soit possible de préciser leur identité spécifique.

HOSKINS et CROSS (1946) ont clarifié l'histoire taxonomique confuse de cette espèce.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Saint-Étienne, Grand'Croix) et Pennsylvanien moyen et supérieur U.S.A. Rare.

Pachytesta incrassata Brongniart, 1874
Fig. 242, 243, 244

Pachytesta incrassata, BRONGNIART, 1874 : 249-251, pl. 22 (?4, 5).
Pachytesta incrassata, BRONGNIART, 1881 : 23-24, 89-91, pl. 17 (6), 19, 20.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3008, 3015, 3018 (lectotype = BRONGNIART 1881, pl. 20/3, 19/2, 19/1) mais aussi coll. RENAULT, lames 2988-2989, 2999-3021.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2989, 3015, 3018.

DESCRIPTION. — *P. incrassata* atteint 11 cm de long et 6 cm de diamètre contre 9 cm × 4,8 cm pour *P. gigantea* ; cette différence de taille est l'un des rares critères de distinction des deux espèces. TAYLOR (1965) retient aussi la différence dans le nombre de faisceaux vasculaires tégumentaires.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Pachytesta pusilla (Brongniart) Hoskins & Cross, 1946
Fig. 245, 246

Trigonocarpus pusillus, BRONGNIART, 1874 : 251-252, pl. 22 (1-3).
Trigonocarpus pusillus, OLIVER, 1904 b : 96-100, pl. 2 (1-3).
Pachytesta pusilla, HOSKINS & CROSS, 1946 : 346-347.

MATÉRIEL-TYPE ET FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3042 et 3052 (lectotype = BRONGNIART, fig. 2-3) et lames 3041 à 3056.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Ce taxon a été inclus dans le genre *Pachytesta*, le nom de *Trigonocarpus* étant réservé pour des ovules de même type conservés en empreinte. Hormis sa taille bien plus réduite (dix fois plus petit que *P. gigantea* ou *P. incrassata*), cet ovule se distingue des autres espèces par la symétrie stricte d'ordre 3 qui le rapproche plutôt de *Compsotesta*, *Gaudrya*, *Tripterospermum*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

Genre *POLYLOPHOSPERMUM* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Polylophospermum stephanense*** Brongniart, 1874.
Polylophospermum, BRONGNIART, 1874 : 264, pl. 23, fig. 6-8.

Source : MNHN, Paris

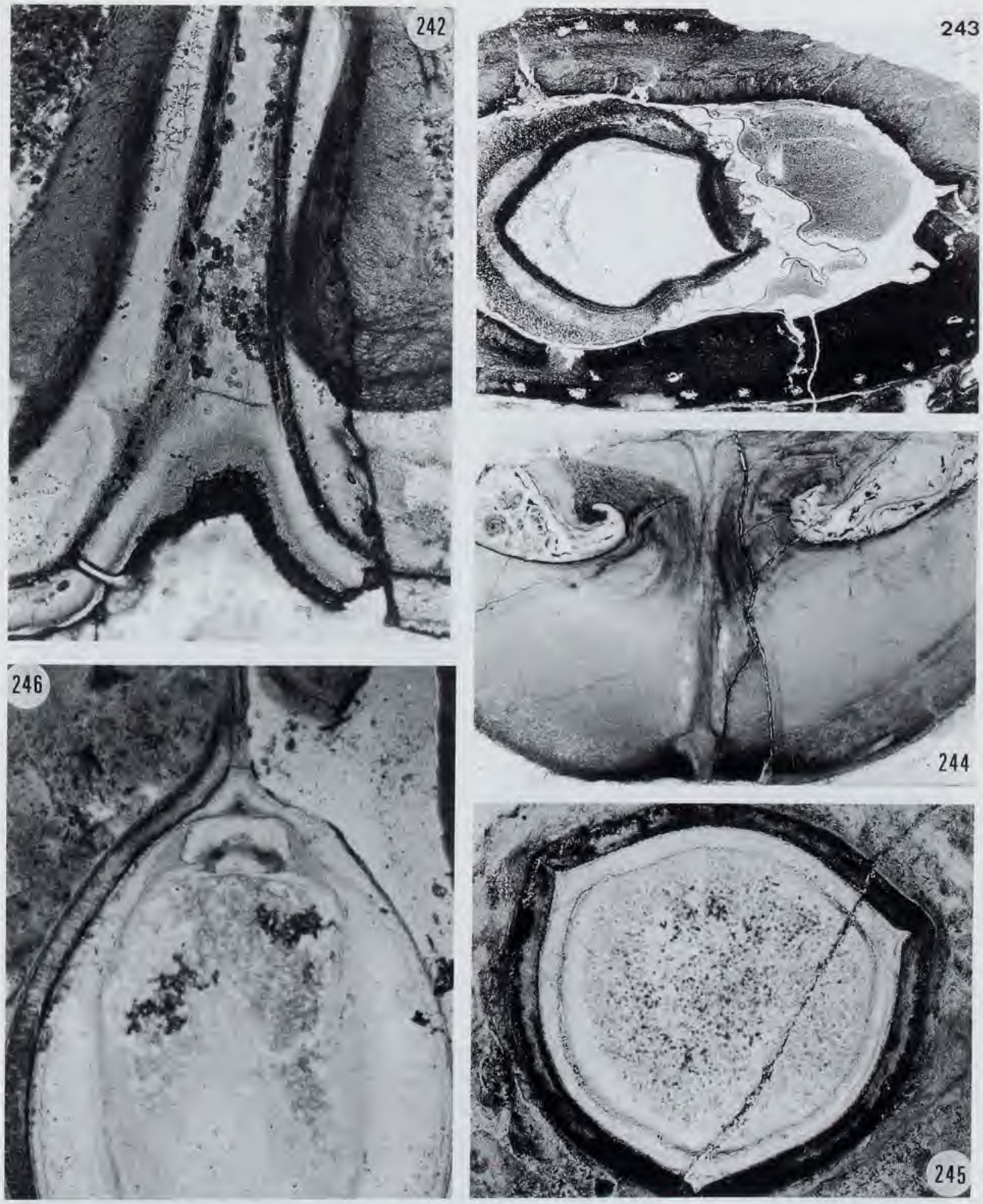


FIG. 242-246. — 242 (× 26) : *Pachytesta incrassata* Brongniart, ovule, détail du canal micropylaire, section longitudinale ; 243 (× 3) : *Pachytesta incrassata* Brongniart, ovule, section transversale ; 244 (× 3) : *Pachytesta incrassata* Brongniart, ovule, coupe longitudinale de la région chalazienne ; 245 (× 14), 246 (× 16) : *Pachytesta pusilla* (Brongniart) Hoskins & Cross, ovule, sections transversale (245) et longitudinale (246).

FIGS. 242-246. — 242 (× 26): Pachytesta incrassata *Brongniart, ovule, detail of the micropylar canal in longitudinal section ; 243 (× 3):* Pachytesta incrassata *Brongniart, ovule, transverse section; 244 (× 3):* Pachytesta incrassata *Brongniart, ovule, longitudinal section of the chalaza; 245 (× 14), 246 (× 16):* Pachytesta pusilla *(Brongniart) Hoskins & Cross, ovule, transverse (245) and longitudinal sections (246).*

Source : MNHN, Paris

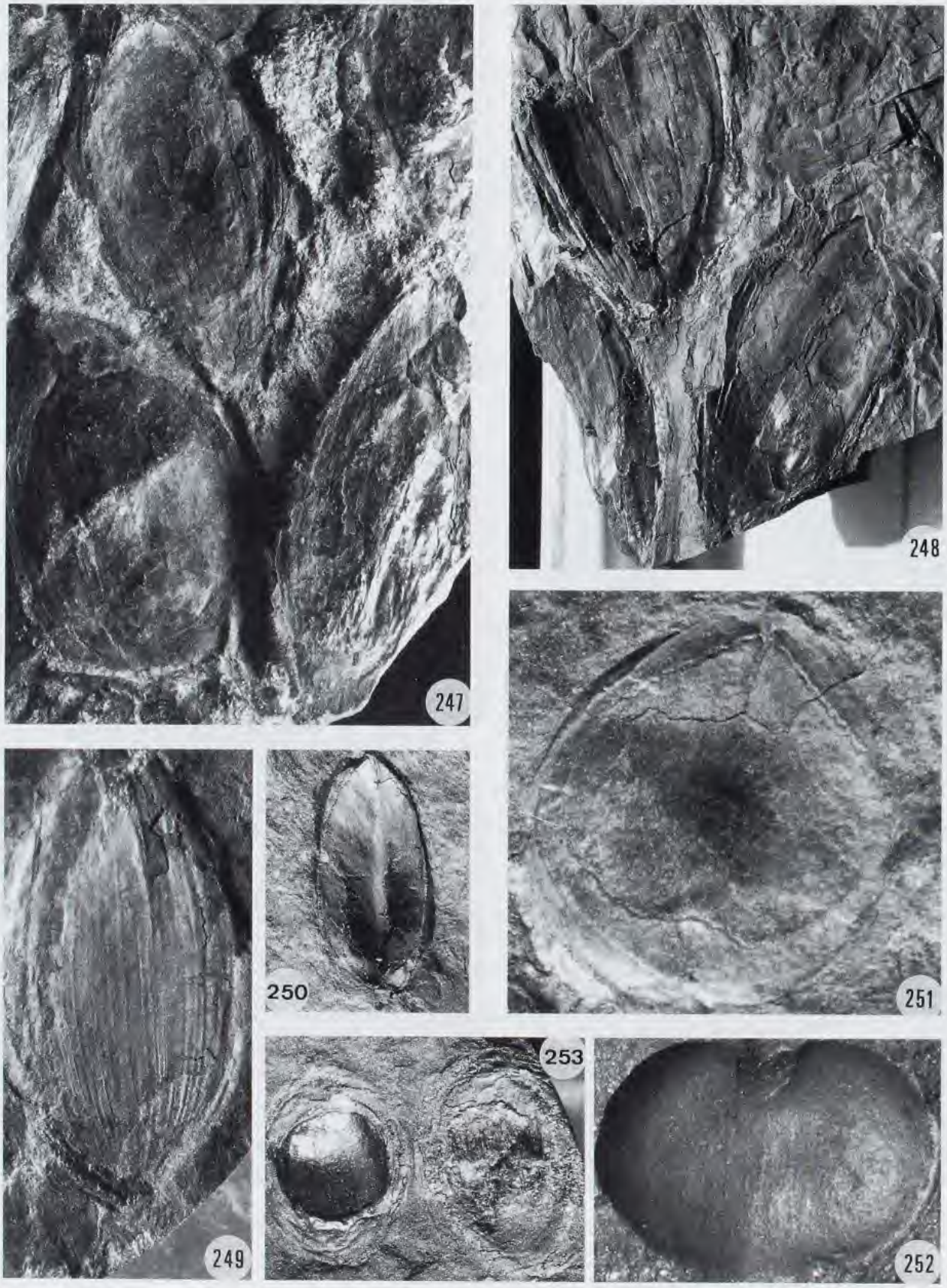


FIG. 247-253. — 247-249 (× 1) : *Pachytesta gigantea* Brongniart ; 250 (× 1) : *Trigonocarpus* sp. ; 251, 252 (× 3) : *Cardiocarpus drupaceus* Brongniart ; 253 (× 3) : *Rhabdocarpus* sp.

Source : MNHN, Paris

Polylophospermum stephanense Brongniart, 1874
Fig. 254

Polylophospermum stephanense, BRONGNIART, 1874 : 256-257, pl. 23 (6-8).
Polylophospermum stephanense, GRAND'EURY, 1877 : 186, pl. 15 (6).
Polylophospermum stephanense, COMBOURIEU & GALTIER, 1985 : 8-13, text-fig. 3-6, pl. 2 (1-10).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3140 (lectotype) et 3118, 3119, 3123, 3129, 3131, 3132, 3135, 3137, 3138, 3145 (syntypes).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3123

REMARQUE. — Cet ovule, de forme très allongée, montre une organisation particulière de la chambre apicale et de la région basale sans équivalent chez les autres Trigonocarpales.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Rare.

Genre *POLYPTEROSPERMUM* Brongniart, 1874 emend. Combourieu et Galtier, 1985

ESPÈCE-TYPE. — ***Polypterospermum renaultii*** Brongniart, 1874.
Polypterospermum, BRONGNIART, 1874 : 256, pl. 23, fig. 1-3.

Polypterospermum renaultii Brongniart, 1874 emend. Combourieu & Galtier, 1985
Fig. 255

Polypterospermum « renaulti », BRONGNIART, 1874 : 255-256, pl. 23 (1-3).
Polypterospermum renaultii, COMBOURIEU & GALTIER, 1985 : 4-8, text-fig. 2, pl. 1 (1-9).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, ensemble des lames confectionnées dans un spécimen (lectotype) : lames 9281 à 9286.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 9281.

REMARQUE. — Cet ovule est caractérisé par un tégument avec douze crêtes ou lobes verticaux intéressant la sclérotesta, sans équivalent chez les formes voisines ; la sarcotesta est absente.

Le spécimen MNHN 8440, enregistré comme *Polypterospermum caudatum* Grand'Eury (? = *Polypterocarpus caudatus* Grand'Eury, 1877 : 185, pl. 16, fig. 1-2), que nous avons retrouvé (fig. 236), correspondrait davantage, par le nombre de côtes et de sillons, à un *Hexapterospermum* « conservé en compression » (comparer avec fig. 240, perminéralisation).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Extrêmement rare.

Genre *PTYCHOTESTA* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Ptychotesta tenuis*** Brongniart, 1874.
Ptychotesta, BRONGNIART, 1874 : 263, pl. 22, fig. 9-11.

Source : MNHN, Paris

Ptychotesta tenuis Brongniart, 1874
Fig. 256

Ptychotesta tenuis, BRONGNIART, 1874 : 253-254, pl. 22 (9-11).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3100 (lectotype) et 3083-3088.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 3100.

REMARQUE. — Spécimen unique. Le tégument de cet ovule devait présenter six lobes équivalents comme chez *Hexapterospermum* mais leur structure est fondamentalement différente car ici chaque lobe est formé d'un repli de la sclérotesta terminé en boucle. Nous ne suivrons donc pas l'avis de SEWARD (1917) qui suggérait de mettre en synonymie *Ptychotesta* et *Hexapterospermum*.

N. B. — Première illustration photographique.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Extrêmement rare.

Genre *STEPHANOSPERMUM* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Stephanospermum akenioides*** Brongniart, 1874

Stephanospermum, BRONGNIART, 1874 : 260, pl. 23, fig. 13-15.

Stephanospermum akenioides Brongniart, 1874
Fig. 257-258

Stephanospermum akenioides, BRONGNIART, 1874 : 259, pl. 23 (13-15).
Stephanospermum akenioides, BRONGNIART, 1881 : 29, 42-43, pl. 16.
Stephanospermum akenioides, OLIVER, 1904a : 363, pl. 41-42 (1-16), 43 (21-35).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lame 21, boîte 197 (lectotype = fig. 14, BRONGNIART, 1874 et fig. 1-2, BRONGNIART, 1881) ; paratypes : lames 9365 (= fig. 7-8, BRONGNIART, 1881), 9368 (= fig. 9, BRONGNIART, 1881), 9370 (= fig. 13, BRONGNIART, 1881), 9371 (= fig. 11, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

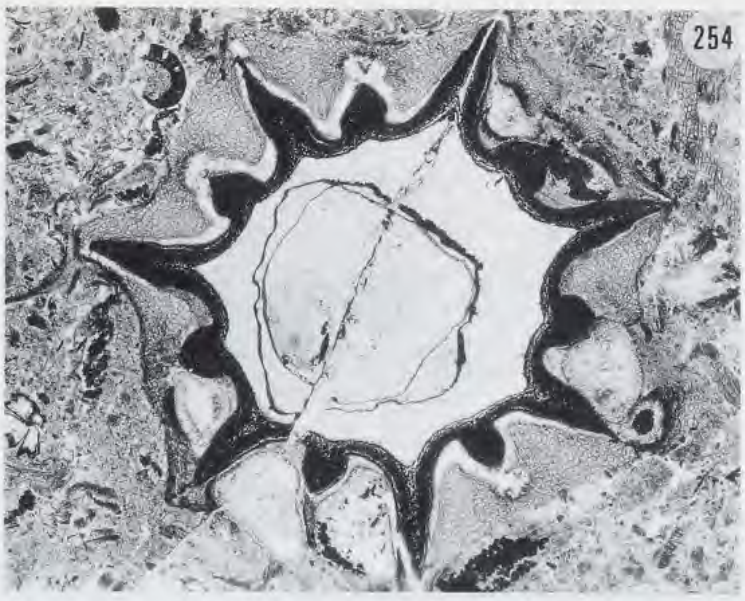
MATÉRIEL FIGURÉ. — lectotype, MNHN, coll. RENAULT, lame 21.

AUTRE MATÉRIEL. — MNHN, lames des collections RENAULT et GRAND'EURY (3, 8, 18, 28).

REMARQUE. — Le genre *Stephanospermum* se distingue de *Pachytesta* par la présence d'une couronne circulaire au sommet et par la vascularisation nucellaire qui forme un manteau continu. L'espèce *S. akenioides* est proche de *S. elongatum* Hall,1954 et surtout de *S. konopeonus* Drinnan, Schramke et Crane,1990 du Pennsylvanien américain. Cette dernière espèce apporte la preuve de l'attachement des *Stephanospermum* à l'extrémité d'axes ramifiés dichotomes ; elle montre aussi la présence d'une sarcotesta vascularisée avec deux paires d'ailes latérales. Cette sarcotesta est généralement détruite et avait donc été ignorée dans les descriptions antérieures de *S. akenioides* ; le réexamen de certaines lames-types révèle pourtant la présence de lambeaux de la sarcotesta à l'intérieur de la couronne apicale ; ceux-ci avaient été illustrés et interprétés comme des poils par OLIVER (1904). *S. akenioides* et *S. konopeonus* diffèrent seulement au niveau de l'histologie de la sclérotesta dans la région chalazienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Assez rare.

Source : MNHN, Paris



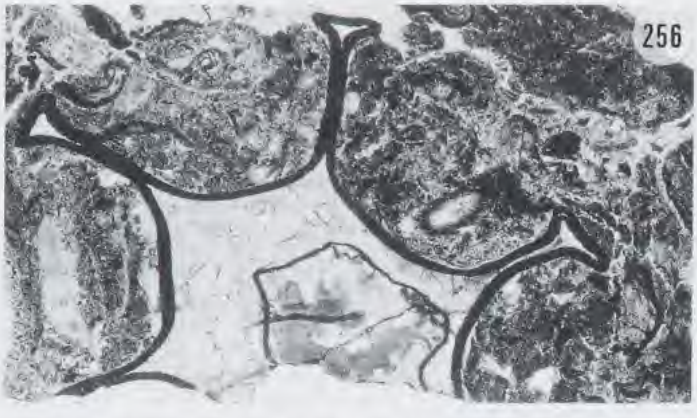


FIG. 254-259. — 254 (× 10) : *Polylophospermum stephanense* Brongniart, ovule, section transversale ; 255 (× 10) : *Polypterospermum renaultii* (Brongniart) Combourieu & Galtier, ovule, section transversale ; 256 (× 6) : *Ptychotesta tenuis* Brongniart, ovule, section transversale ; 257 (× 5), 258 (× 15) : *Stephanospermum akenioides* Brongniart, ovule, section longitudinale et détail de la chambre pollinique avec pollen in situ ; 259 (× 5) : *Stephanospermum caryoides* Oliver, ovule, section longitudinale.

FIGS. 254-259. — 254 (× 10): Polylophospermum stephanense *Brongniart, ovule, transverse section; 255 (× 10):* Polypterospermum renaultii *(Brongniart) Combourieu & Galtier, ovule, transverse section; 256 (× 6):* Ptychotesta tenuis *Brongniart, ovule, transverse section; 257 (× 5), 258 (× 15):* Stephanospermum akenioides *Brongniart, ovule, longitudinal section and detail of the pollen chamber with in situ pollen; 259 (× 5):* Stephanospermum caryoides *Oliver, ovule, longitudinal section.*

Source : MNHN, Paris

Stephanospermum caryoides Oliver, 1904
Fig. 259

Stephanospermum caryoides, Oliver, 1904a : 373, pl. 42 (17-20), 44 (36-43).
Sphærospermum brongniartii, Loubière, 1933 : 17-21.

Matériel-type. — Lames « 1872-1874 » British Museum Natural History. Londres (d'après Oliver, 1904).

Localité-type. — Grand'Croix.

Matériel figuré. — MNHN, coll. Renault, lame 3225

Autre matériel. — MNHN, coll. Renault, lames 3222-3225, b. 153.

Remarque. — Cette espèce se distingue de *S. akenioides* par sa taille supérieure, sa forme plus sphérique et par l'extrême réduction de la couronne apicale et du bec micropylaire.

Taxonomie. — Nous mettons en synonymie le genre *Sphærospermum* créé par Loubière (1933) et fondé sur quatre sections d'un spécimen unique. Il semble que Loubière ait ignoré la publication de Oliver (1904). Les reconstitutions fournies par les deux auteurs correspondent parfaitement ; la comparaison des préparations de Paris et de Londres prouve l'identité des deux taxons dont le plus ancien a priorité.

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

Genre *Trigonocarpus* Brongniart, 1828

Espèce-type. — ***Trigonocarpus parkinsonii*** Brongniart, 1828.

Trigonocarpus, Brongniart, 1828 : 137.

Trigonocarpus sp.
Fig. 250

Trigonocarpus, Grand'Eury, 1877 : 182, pl. 15 (1-3).

Matériel figuré. — MNHN 564a,. Plusieurs genres de Trigonocarpales perminéralisés, à symétrie d'ordre 3 ou 6, auraient, en compression, une organisation de *Trigonocarpus*.

Compression.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien.

Genre *Tripterospermum* Brongniart, 1874

Espèce-type. — ***Tripterospermum rostratum*** Brongniart, 1874.

Tripterospermum, Brongniart, 1874 : 252, pl. 22, fig. 6-8.

Source : MNHN, Paris

Tripterospermum rostratum Brongniart, 1874
Fig. 260-262

Tripterospermum rostratum, BRONGNIART, 1874 : 252, pl. 22 (6-8).
Tripterospermum rostratum, GRAND'EURY, 1877 : 186, pl. 15 (4).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3069 et 3071 (lectotype = fig. 6 et 8 de BRONGNIART) ; lames 3068, 3070, 3072-3080 et MNHN, coll. GRAND'EURY, lame 42.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT lames 3070, 3071 et coll. GRAND'EURY, lame 42

REMARQUE. — BRONGNIART soulignait le développement important des trois crêtes ou « ailes » commissurées. L'examen des coupes transversales révèle l'existence de trois crêtes secondaires supplémentaires. La sarcotesta est un tissu clair très caractéristique formé de petites cellules isodiamétriques ; aucune vascularisation n'est visible dans le tégument. Le nucelle est mal conservé.

Cet ovule n'a jamais été réexaminé depuis sa description ; on peut s'interroger sur la réalité de sa distinction par rapport à *Pachytesta*.

N. B. — Première illustration photographique.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Très rare.

FRUCTIFICATIONS MÂLES

Genre *DOLEROTHECA* Halle, 1933, *nom. cons.* emend. Rothwell et Eggert, 1986

ESPÈCE-TYPE. — ***Dolerotheca fertilis*** (Renault) Halle, 1933.

Dolerotheca, HALLE, 1933 : 44, pl.9, 10.

Dolerotheca fertilis (Renault) Halle, 1933
Fig. 263, 264

Dolerophyllum fertile, RENAULT, 1893 et 1896 : 267-271, fig. 46-48, pl. 72 (7, 8, 11, 12).
Dolerotheca « fertile » (Renault), HALLE, 1933 : 44, pl. 9, 11.
Dolerotheca fertilis, SCHOPF, 1948 : 687-688, fig. 2, pl. 104 (2).
Dolerotheca fertilis, ROTHWELL & EGGERT, 1986 : 52, fig. 4.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3290 (lectotype = fig. 8, pl. 72), 3298 et 3302 (paratypes = fig. 7, pl. 72 et fig. 46 de RENAULT) et lames 3289, 3295, 3299-3301.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

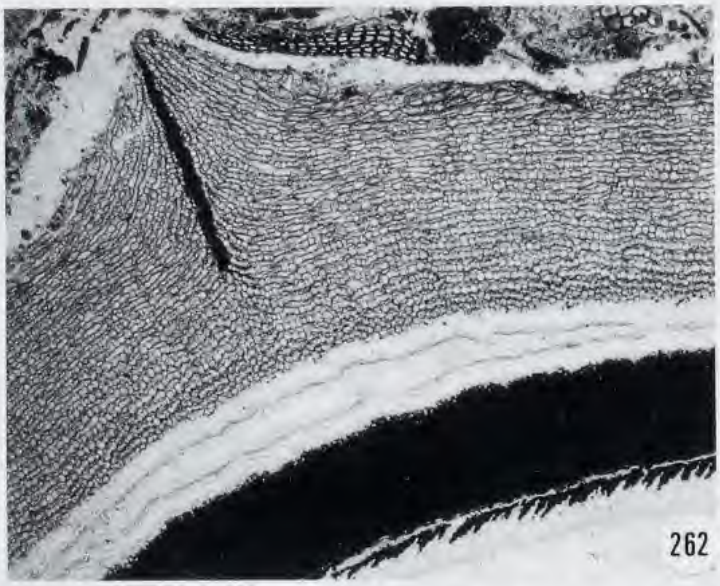
MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lames 3290 et 3302.

REMARQUES. — Le genre a été revu par ROTHWELL & EGGERT (1986) et séparé d'autres organes polliniques composés campanulés de Médullosales. Curieusement, il représente le seul type d'organe mâle de ce groupe trouvé jusqu'ici à Grand'Croix alors que les structures femelles montrent une diversification étonnante.

ROTHWELL & EGGERT (1986) décident de ne pas rapporter à l'espèce-type plusieurs sections de RENAULT dont la lame 3298 qui a été illustrée par cet auteur (1893, pl. 72, fig. 7) et la lame 3289 qui montre la périphérie de l'organe et l'épiderme à trichomes.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Source : MNHN, Paris



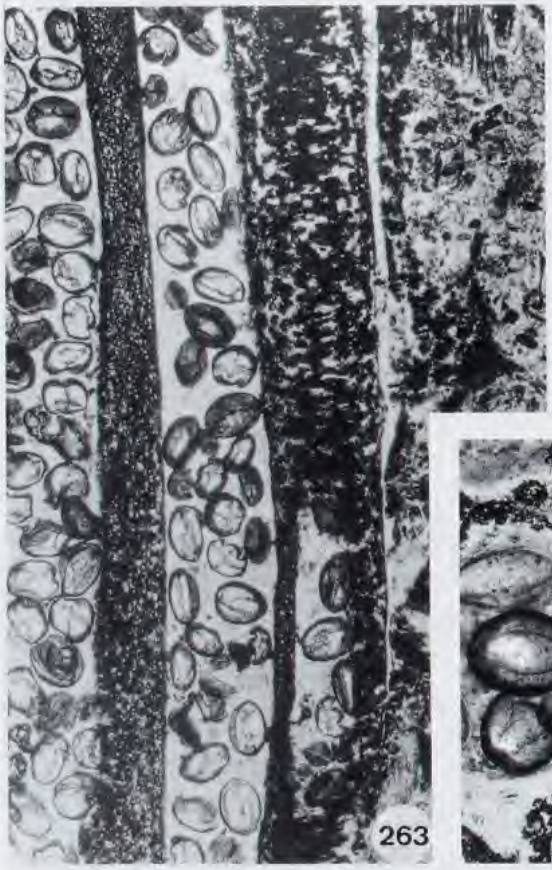


FIG. 260-264. — 260, 261 (× 4), 262 (× 16) : *Tripterospermum rostratum* Brongniart : ovule, sections longitudinale et transversale et détail de la paroi ; 263 (× 17), 264 (× 28) : *Dolerotheca fertilis* (Renault) Halle : section longitudinale et transversale, détail des sporanges avec prépollens monolètes *in situ*.

FIGS. 260-264. — 260, 261 (× 4), 262 (× 16): Tripterospermum rostratum *Brongniart: ovule, longitudinal and transverse sections and detail of the testa; 263 (× 17), 264 (× 28):* Dolerotheca fertilis *(Renault) Halle: longitudinal and detail of transverse section of sporangia with* in situ *monoletes prepollens.*

Source : MNHN, Paris

Ptéridophylles à rapprocher des Ptéridospermales

Famille des Alethopteridaceae

Genre *Alethopteris* Sternberg, 1825

Espèce-type. — ***Alethopteris lonchitica*** Sternberg, 1825.

Alethopteris, Sternberg, 1825 : xxi.

Alethopteris ambigua Lesquereux, 1880 emend. Wagner, 1968
Fig. 265, 266

Alethopteris ambigua, Lesquereux, 1879/1880 : 182-183, pl. 31 (1, 1a, non fig. 2, 3, 4).
Alethopteris « friedeli », Bertrand, 1932 : 70-76, pl. 36-42.
Alethopteris ambigua, Wagner, 1966 : 31-33, 112-113.
Alethopteris ambigua, Wagner, 1968 : 30-42, pl. 1-4, 1-19, fig. 2-4.

Matériel figuré. — SEM 301, horizon 10-11^{e} Beaubrun. Wagner (1968) donne une synonymie très fournie de cette espèce (52 références) et précise la diagnose. Nous rapportons à *A. ambigua* quelques empreintes fragmentaires du bassin de Saint-Étienne, essentiellement d'après les caractères nervuraires.

Pennes de dernier ordre à bords parallèles, se rétrécissant vers le sommet en une pinnule terminale de petite taille, étroite et lancéolée.

Pinnules normales nettement séparées mais adhérentes entre elles à leur base, à bords parallèles et sommet arrondi ; elles sont très étroites par rapport à leur longueur (7-14 mm × 2-4 mm). Tous ces caractères leur donnent un aspect de *Pecopteris*.

Nervation très caractéristique : nervures secondaires assez espacées, une fois divisées ; elles sont deux fois divisées sur les pinnules atypiques de la base des pennes. Cette espèce, par son aspect pécoptéridien, est comparable à l'*Alethopteris pennsylvanica* qui a toutefois des pinnules plus grandes et des nervures plus divisées.

Répartition géographique et stratigraphique. — Westphalien C-D d'Europe, des U.S.A., Stéphanien A de Lorraine.

Alethopteris cf. ***magna*** Grand'Eury, 1890
Fig. 267

Alethopteris magna, Grand'Eury, 1890 : 290, pl. 20 (5-6).
Alethopteris magna, Wagner, 1968 : 99-103, fig. 27-28, pl. 37-38 (105-107).

Matériel figuré. — SEM 307 (BL 37.36), 8^{e} Gruner (Carrière de l'Eparre). Grandes pinnules (L = 15-45 mm, l = 6-15 mm) à bords presque parallèles, sommet obtusément aigu. Nervure médiane à peine décurrente ; nervures latérales, fines, assez espacées, une fois divisées à des distances variables de leur origine.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien de France, d'Espagne, des U.S.A.

Source : MNHN, Paris

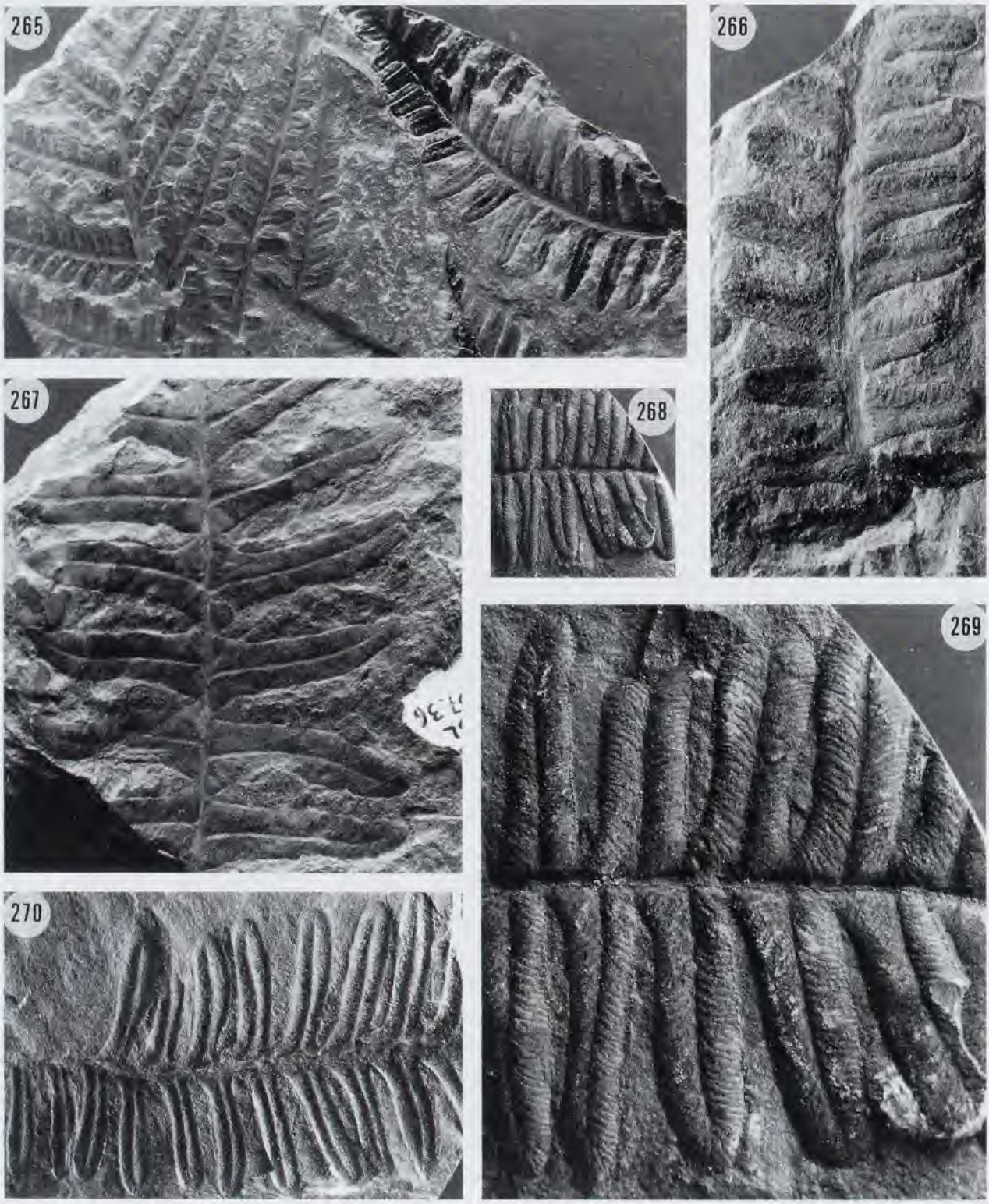


FIG. 265-270. — 265 (× 1), 266 (× 3) : *Alethopteris ambigua* (Lesquereux) Wagner ; 267 (× 1) : *Alethopteris* cf. *magna* Grand'Eury ; 268, 270 (× 1), 269 (× 3) : *Alethopteris pennsylvanica* Lesquereux.

Source : MNHN, Paris

Alethopteris pennsylvanica Lesquereux, 1858
Fig. 268-270

Alethopteris pennsylvanica, LESQUEREUX *in* ROGERS, 1858 : 864, pl. 11 (1-2).
Alethopteris pennsylvanica var. ***pennsylvanica***, WAGNER, 1968 : 117-120, fig. 36-37, pl. 45-47 (129-138).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 313, horizon 10-11[e] Beaubrun. Pinnules (L = 10-15 mm, l = 4-5 mm) obliques, espacées, d'aspect rigide, nettement décurrentes et soudées à la base, sommet arrondi. Nervure médiane nette ; nervures secondaires une ou deux fois divisées, rarement simples, aboutissant au bord du limbe sous des angles presque droits (25-30 par centimètre).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Pennsylvanien (U.S.A.), Stéphanien (Espagne).

Alethopteris zeilleri Jongmans, 1960
Fig. 271

Alethopteris zeilleri, JONGMANS, 1960 : 67-68, fig. 154-155a, *nomen nudum*.
Alethopteris zeilleri, WAGNER, 1965 : 54-61, fig. 14-15, pl. 26 (66-68), pl. 27 (68a, 73-74).
Alethopteris zeilleri, WAGNER, 1968 : 158-169, fig. 52-55, pl. 63-64 (176-181a).
Alethopteris « grandini », *auct. non* Brongniart, GRAND'EURY, 1877 : 107.
Alethopteris « grandini », *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1888 : 203-207, pl. 21 (1-8).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 306 (BL 12.03), la Talaudière (Fendue de Langonand). Dans un mémoire malheureusement resté inédit, RAGOT (1955) décrit *Alethopteris grandinii* forma *zeilleri* qu'elle distingue de l'*Alethopteris grandinii* de BRONGNIART, 1828. Elle suit ainsi plusieurs auteurs précédents qui ont décrit des empreintes semblables à celles d'*A. grandinii non* Brongniart. Le nom *Alethopteris zeilleri* apparaît pour la première fois chez JONGMANS (1960) qui désigne ainsi plusieurs empreintes des Alpes suisses qu'il figure sans les décrire. Il se contente d'annoncer la création de la nouvelle espèce et sa diagnose dans un travail de WAGNER alors en cours d'élaboration. La diagnose ainsi que la description publiées par WAGNER (1965), à partir d'un matériel espagnol, consacrent définitivement la coupure entre *A. grandinii* Brongniart et *A. zeilleri* Wagner. Dans un mémoire plus détaillé sur les *Alethopteris*, WAGNER (1968) donne une synonymie très complète de cette espèce caractéristique du Stéphanien et très bien représentée à Saint-Étienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien d'Europe, Carbonifère supérieur de Turquie et des U.S.A. Autunien d'Europe (rare).

Alethopteris sp.
Fig. 225, 226

Alethopteris, RENAULT, 1883 : 159, pl. 27 (8-9).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2353 et LPM, lame GC 527.

REMARQUE. — Nous croyons utile de figurer à titre d'information complémentaire des sections (paradermale et transversale) de pinnules *d'Alethopteris* silicifiés de Grand'Croix qui sont trouvées en connexion avec des rachis à anatomie de *Myeloxylon*. L'identification de ces pinnules avec des espèces en compression paraît possible ; RENAULT (1883) les avait rapprochées des espèces *A. aqualina* et *A. grandinii*.

Source : MNHN, Paris

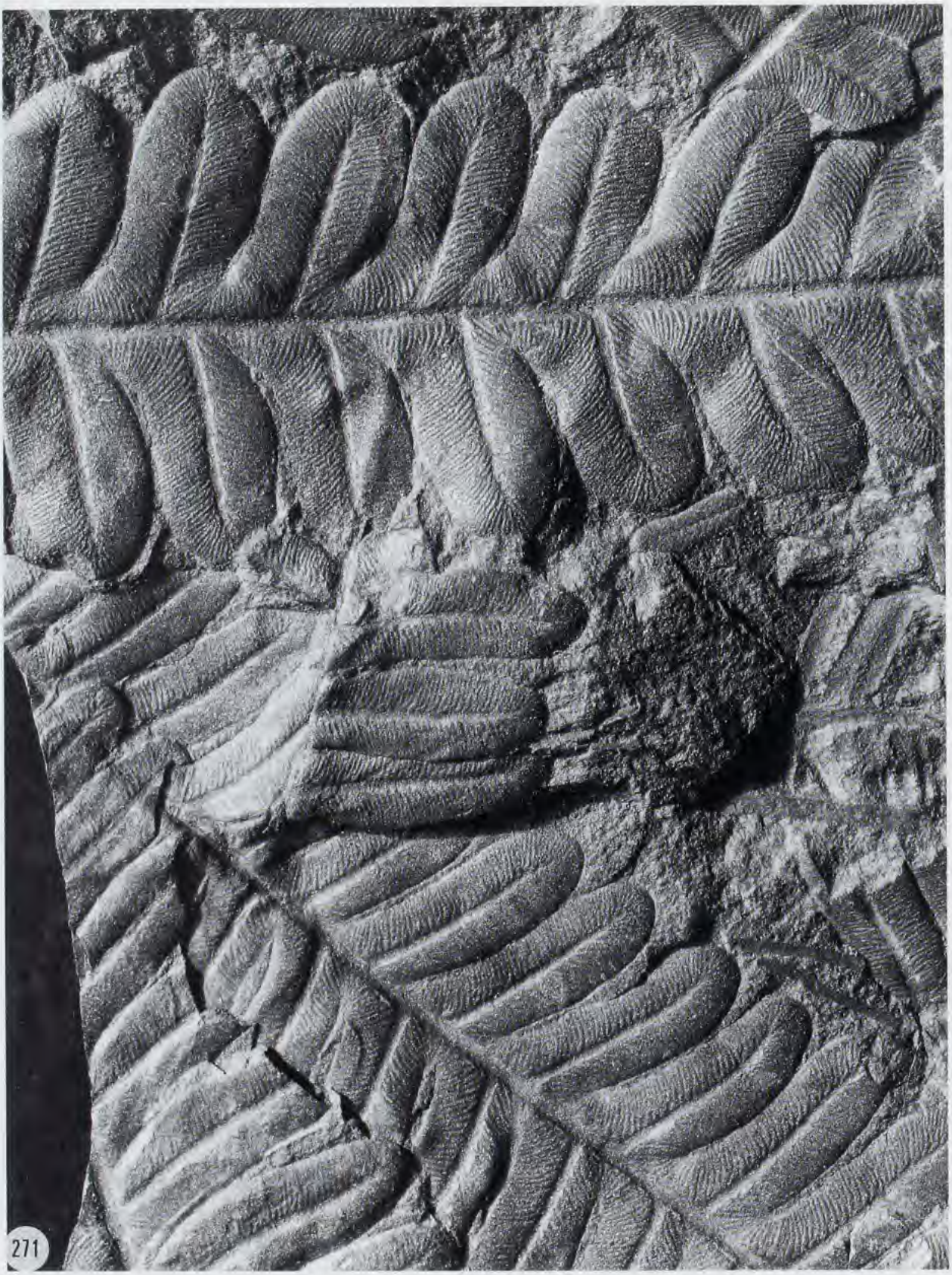


FIG. 271 (× 3) : *Alethopteris zeilleri* Jongmans.

Source : MNHN, Paris

Famille des Cyclopteridaceae

Genre *Neuropteris* (Brongniart, 1822) Sternberg, 1825

Espèce-type. — ***Neuropteris heterophylla*** (Brongniart) Sternberg, 1825.

Nevropteris, Brongniart, 1822 : 233, pl. 2, fig. 6.
Neuropteris, Sternberg, 1825 : xxvii.

Neuropteris cordata Brongniart, 1830
Fig. 272-274

Neuropteris cordata, Brongniart, 1830 : 229, pl. 64 (5).
Neuropteris speciosa, Brongniart & Renault, 1883 : 172, pl. 29 (8, 9).
Neuropteris cordata, Zeiller, 1906 : 102-104, pl. 26-27.

Matériel figuré. LY.1 (fig. 272, 274), SEM 453 (fig. 273), mur de la 7e Gruner. Pinnules de grande taille (L = jusqu'à 9 cm, l = jusqu'à 4 cm), orbiculaires, ou à bords parallèles et sommet arrondi, ou à bords convergents et sommet en ogive. Nervure médiane fine, rapidement estompée ; nervures latérales plusieurs fois divisées, atteignant obliquement le bord du limbe (8 à 15 par cm).

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien.

Neuropteris osmundae (Artis) Kidston, 1890
Fig. 276-279

Filicites osmundae, Artis, 1825 : 7, pl. 7.
Neuropteris auriculata, Brongniart, 1829 : 236, pl. 66.
Neuropteris « dufresnoii », Brongniart, 1831 : 246, pl. 74 (4, non 5).
Neuropteris osmundae, Kidston, 1890 : 42, pl. 14.
Neuropteris osmundae, Crookall, 1959 : 191-194, fig. 60-61, pl. 44.

Matériel figuré. — SEM 397, 12e Gruner (sond. 28). LY 3, faisceau de Gruner. Comme bien d'autres végétaux fossiles, *N. osmundae* a souffert de premières trouvailles parcellaires, ce qui s'est traduit par un défaut de compréhension de la plante dans son intégralité. Des études postérieures, portant sur des fragments plus amples, montrent que *N. auriculata* (Brongniart, 1828 : 236, pl. 76) et *N. « dufresnoii »* (Brongniart, 1828 : 246, pl. 74, fig. 3) ne représentent en fait que deux parties d'un seul ensemble végétal. Cette coupure taxinomique est le résultat d'une évidente méconnaissance de l'architecture de la plante (Langiaux, 1984 : 101-107), ce qui entraîne inévitablement une interprétation erronée de la nervation et du mode d'attache des pinnules.

La désignation de ce taxon par des binômes tels que « *Neurodontopteris auriculata* » (Potonié, 1893), « *Mixoneura auriculata* » (Zeiller, 1906), « *Mixoneura auriculata-dufrenoyi* » (Bouroz & Doubinger, 1977), « *Mixoneura dufrenoyi* » (Langiaux, 1984 ; Broutin, 1986) montre les hésitations des auteurs confrontés à la variabilité de la base des pinnules dont la forme se modifie en fonction de la position occupée dans la fronde, celle-ci étant bien difficile à définir (dans le gisement stéphanien de Blanzy-Montceau, il a été observé des branches de la fourche apicale dépassant le mètre).

Les échantillons figurés appartiennent vraisemblablement à des portions quasi terminales de pennes d'ordre n et l'on peut remarquer le passage du mode d'attache des pinnules sur le rachis qui, de neuroptéridien, devient graduellement odontoptéridien. Les pinnules intercalaires isolées n'existent que sur les rachis d'ordre n -2, elles ne sont donc pas observables sur ces fragments de dimensions réduites.

Source : MNHN, Paris

FIG. 272-275. — 272, 273 (× 1), 274 (× 2) : *Neuropteris cordata* Brongniart ; 275 (× 3) : *Neuropteris ovata* Hoffmann.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien B (Yorkshire, South Staffordshire et Durham, Grande-Bretagne), Westphalien D (South Wales, Grande Bretagne), Stéphanien supérieur du Massif Central français.

Neuropteris ovata Hoffmann, 1826
Fig. 275, 281, 282

Neuropteris ovata, HOFFMANN *in* KEFERSTEIN, 1826 : 158, pl. 1b (5-7).
Mixoneura flexuosa, BERTRAND, 1930 : 47-48, pl. 27, 28 (3).
Neuropteris ovata, LAVEINE, 1967 : 231-237, fig. 40, pl. 66-67.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 405 (fig. 281, 282), assise de Rive de Gier (Gravenant). SEM 406 (fig. 275), faisceau de Gruner (Puits Sainte-Marie). Pinnules ovales, assez trapues, bords parallèles, sommet arrondi, base plus ou moins attachée par la partie postérieure au rachis support. Pinnules souvent munies d'une auricule catadrome bien développée. Nervation fine ; nervure médiane dans le tiers inférieur de la pinnule, nervures latérales minces, assez serrées, deux à quatre fois dichotomes.

REMARQUE. — Pour les formes stéphaniennes du bassin de Cinera-Matallana (Leon, Espagne), WAGNER (1963 : 33, pl. 1-5, 6 fig. 1) a créé la variété *grand'euryi* caractérisée par ses pinnules plus larges avec une nervation plus serrée, presque perpendiculaire aux bords du limbe.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Europe, Canada. De 1935 à 1963 (du Second au Cinquième Congrès de Stratigraphie du Carbonifère), considéré comme caractéristique du Westphalien D, mais signalé depuis dans le Stéphanien, voire dans l'Autunien.

Neuropteris praedentata Gothan, 1909
Fig. 280

Neuropteris praedentata, GOTHAN *in* POTONIÉ, 1909, 6, n° 120.
Neuropteris crenulata, *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1888 : 233, pl. 26-27.
Neuropteris crenulata, *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1906 : 98-99, pl. 26.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 454 (BL 56.16), Saint-Chamond. Pinnules variables, parfois très longues et étroites, ornées, dans la partie supérieure, de quelques dents courtes, obtuses, pas toujours observables. Nervation bien marquée ; nervure médiane fine, nervures latérales espacées, une ou deux fois divisées.

N. praedentata est représenté à Saint-Étienne par des échantillons très fragmentaires mais cependant caractéristiques.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (France, Espagne).

Neuropteris pseudoblissii Potonié, 1893
Fig. 285

Neuropteris « pseudo-Blissii », POTONIÉ, 1893 : 143-147, pl. 2 (5), 17 (1-2).
Neuropteris « pseudo-blissi », ZEILLER, 1906 : 99-102, pl. 19-19 bis.
Neuropteris « Blissi », *auct. non* Lesquereux, ZEILLER, 1888 : 243-245, pl. 28 (3-6).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 462, 8e Gruner (Eparre). Pinnules très allongées (L, jusqu'à 8 cm ; l, jusqu'à 2 cm), sommet effilé. Nervation bien marquée ; nervure médiane forte à la base,

Source : MNHN, Paris

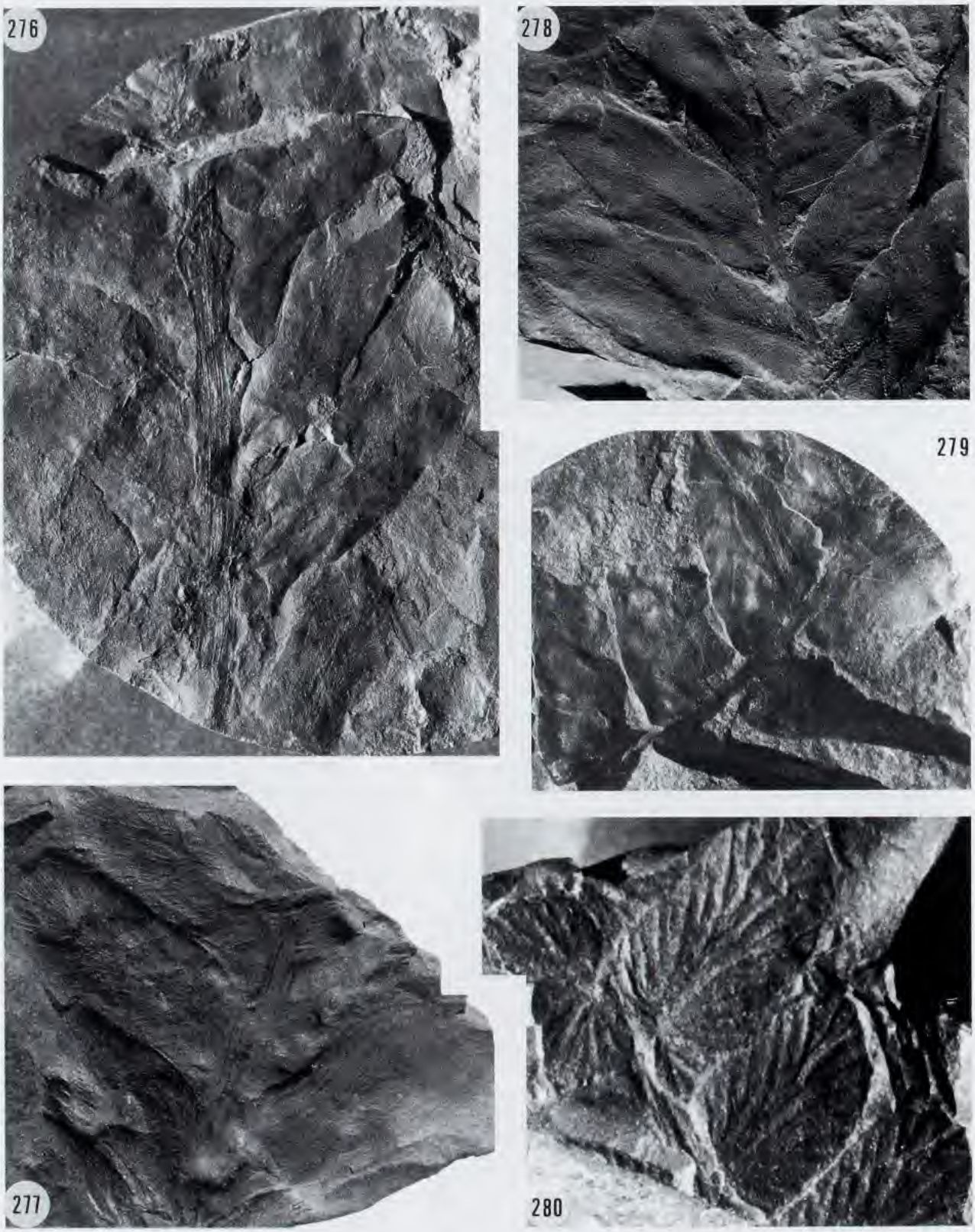


FIG. 276-280. — 276-278 (× 2), 279 (× 1) : *Neuropteris osmundae* (Artis) Kidston ; 280 (× 3) : *Neuropteris praedentata* Gothan.

Source : MNHN, Paris

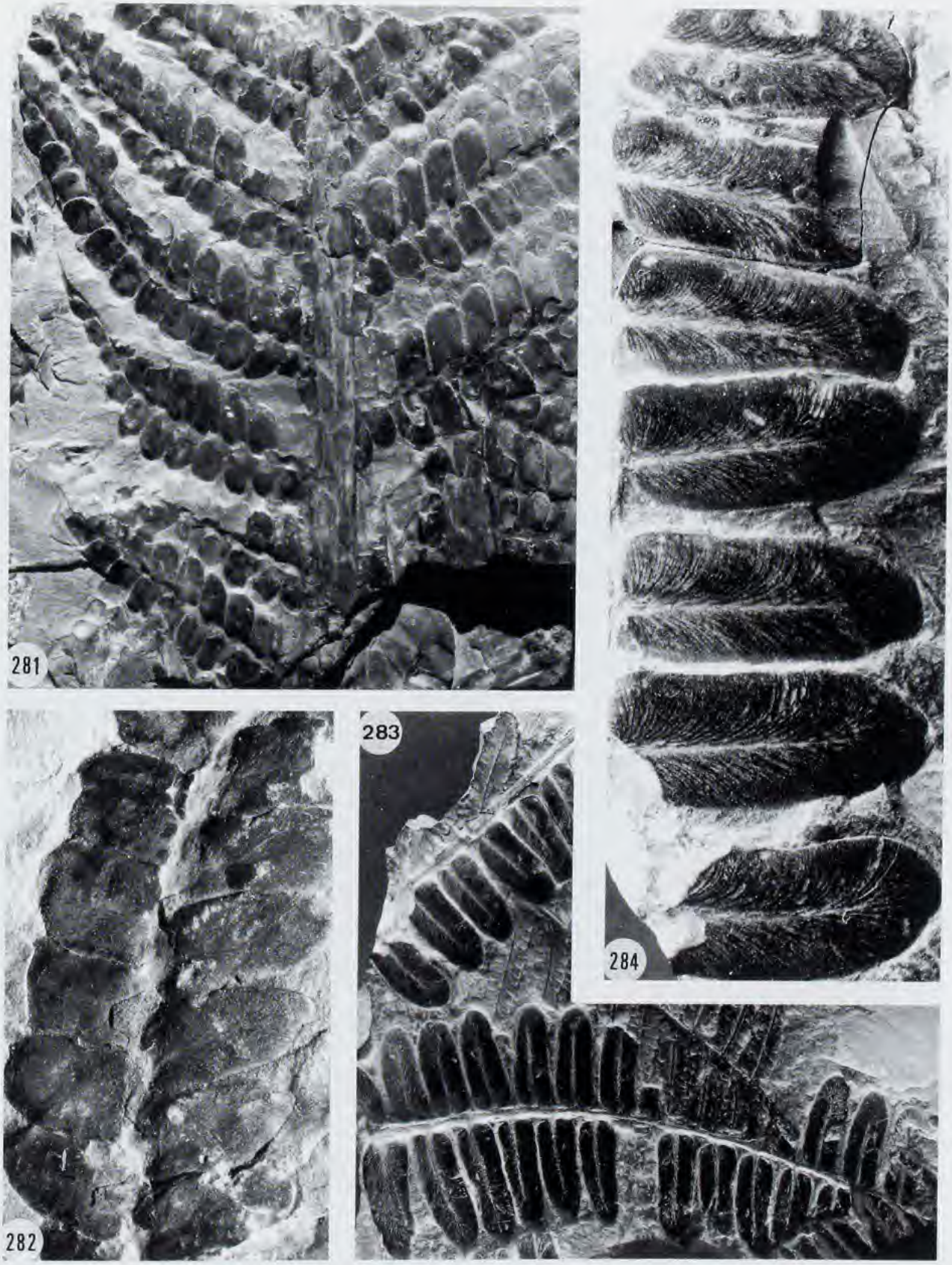


FIG. 281-284. — 281 (× 1), 282 (× 3) : *Neuropteris ovata* Hoffmann ; 283 (× 1), 284 (× 3) : *Neurocallipteris planchardii* Zeiller.

Source : MNHN, Paris

interrompue avant le sommet ; nervures latérales fines, naissant sous des angles très aigus, une ou plusieurs fois divisées.

Cette espèce, représentée par un bel échantillon, est cependant assez rare à Saint-Étienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français, Thüringe (Allemagne).

Genre *NEUROCALLIPTERIS* Sterzel, 1895

ESPÈCE-TYPE. — ***Neuropteris gleichenioides*** (Stur) Sterzel, 1895.

Neurocallipteris, STERZEL, 1895 : 288, pl. 8, fig. 6.

Neurocallipteris planchardii Zeiller, 1888

Fig. 283, 284

Neuropteris planchardi, ZEILLER, 1888 : 246-248, pl. 28 (8-9).
Neurocallipteris planchardii, CLEAL, SHUTE & ZODROW, 1990 : 488-489.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 460, faisceau de Beaubrun (T-B. Platanes sud). Nervation assez nette, nervation médiane bien marquée jusqu'aux trois quarts, nervures latérales très arquées, très serrées, plusieurs fois divisées (45 à 50 par cm). Se distinguerait de *Neuropteris gallica* par l'absence de poils fins et serrés sur la face inférieure du limbe. Le plus souvent, on observe des pinnules isolées. Plusieurs pennes incomplètes ont été inventoriées à Saint-Étienne.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien et Autunien (France, Allemagne).

Genre *RETICULOPTERIS* Gothan, 1941

ESPÈCE-TYPE. — ***Reticulopteris munsteri*** (Eichwald) Gothan, 1941.

Reticulopteris, GOTHAN, 1941 : 427.

Reticulopteris germarii (Giebel) Gothan, 1941

Fig. 287, 288, 311

Lonchopteris « germari », GIEBEL, 1857, 10 : 301-303, pl. 1.
Dictyopteris schutzei, ZEILLER, 1888 : 273-279, pl. 30 (9-12).
Reticulopteris « germari » (Giebel), GOTHAN, 1941, 5 : 428.
Reticulopteris « germari », WAGNER, 1964a : 26-31, pl. 17 (35-37).
Linopteris « germari », VETTER, 1968 : 105, pl. 27 (5), 33 (3), 35 (6-7).
Reticulopteris « germari », KNIGHT, 1963 : 184-186, pl. 1 (3-5).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL E 15 (fig. 287, 288), 8^{e} Gruner (Le Berland) ; SEM 438 (fig. 311), Beaubrun. Pennes terminées par une unique pinnule (Neuropteridae imparipinnatae selon GOTHAN, 1941 ou Neurodontospermae selon LAVEINE, 1966). Pinnules subrectangulaires, brièvement pédicellées, échancrées en cœur à la base, taille variable (L = jusqu'à 70 mm, l = jusqu'à 20 mm). Nervure médiane forte et bien marquée, se poursuivant presque jusqu'au sommet des pinnules ; nervures secondaires nombreuses, naissant sous des angles aigus, fortement arquées, atteignant normalement le bord du limbe, anastomosées en un réseau de mailles nombreuses plus longues que larges.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien, Autunien.

Source : MNHN, Paris

FIG. 285. — (× 1) : *Neuropteris pseudoblissii* Potonié.

Source : MNHN, Paris

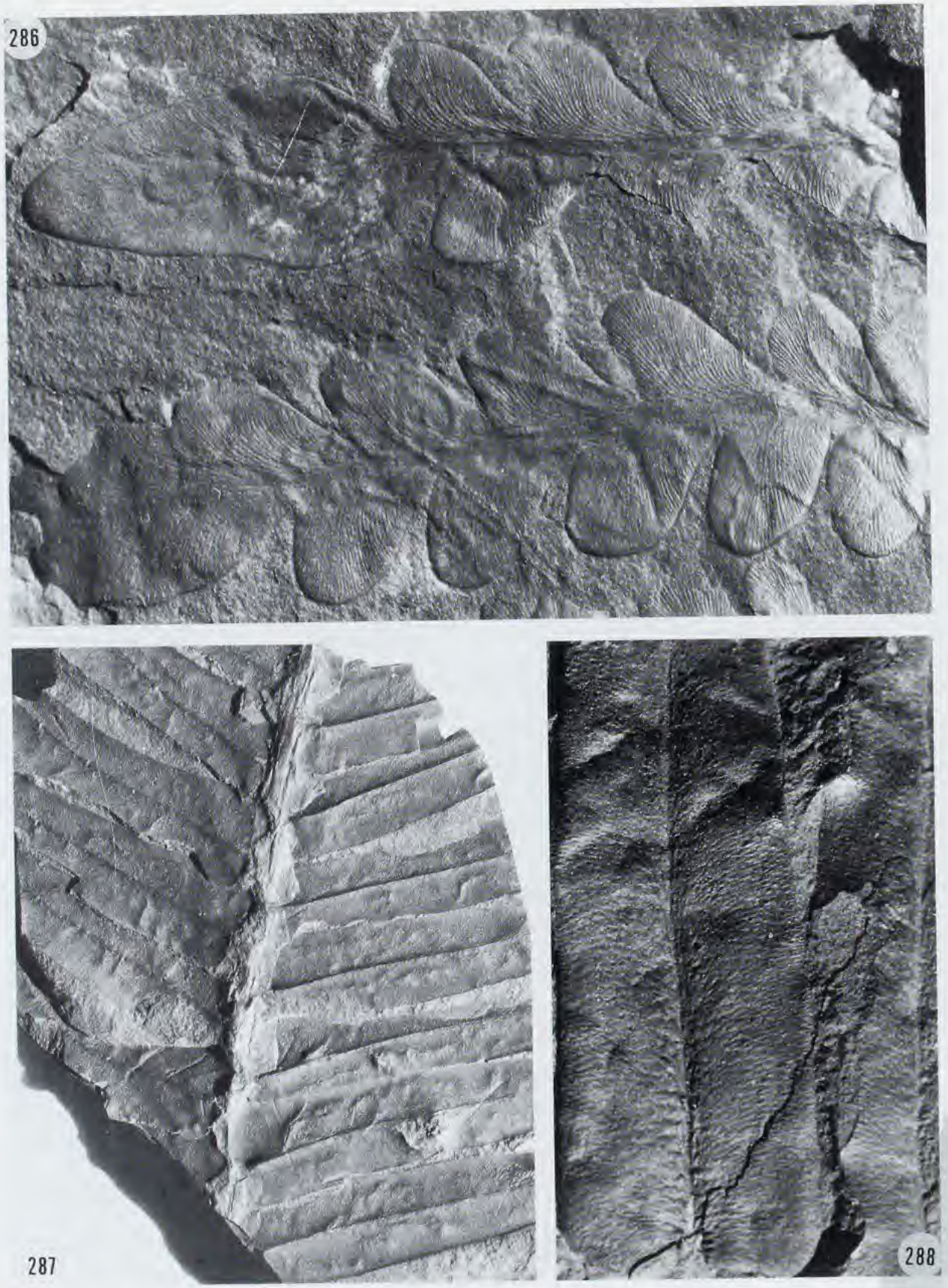


FIG. 286-288. — 286 (× 2) : *Odontopteris subcrenulata* var. *elongata* Doubinger et Vetter ; 287 (× 1), 288 (× 3) : *Reticulopteris germarii* (Giebel) Gothan.

Source : MNHN, Paris

Genre *Odontopteris* (Brongniart, 1822) Brongniart, 1825.

ESPÈCE-TYPE. — ***Odontopteris brardii*** (Brongniart) Brongniart, 1825.

Filicites, BRONGNIART, 1822 : 234.
Neuropteris, BRONGNIART in STERNBERG, 1825 : xxi.

Odontopteris bourranensis Doubinger et Vetter, 1950
Fig. 294

Odontopteris bourranensis, DOUBINGER & VETTER, 1950 : 161, pl. 5 (1-3).
Odontopteris bourranensis, VETTER, 1968 : 109, pl. 27 (1 et 4), pl. 28 (3).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 386, Saint-Étienne. Une portion de penne d'avant-dernier ordre a été rapportée, avec quelques hésitations, à l'espèce fructifiée de Decazeville. L'empreinte de Saint-Étienne est très semblable à la penne figurée par VETTER (1968, pl. 28, fig. 3) : pennes de dernier ordre pinnatifides portant chacune à sa base une petite « graine » ovoïde allongée. L'état de conservation du fossile ne donne pas de précisions sur l'anatomie de ces « graines », ni sur leur mode d'insertion.

N. B. — Un autre échantillon de Saint-Étienne (Musée d'Histoire Naturelle d'Autun) pourrait se rapporter à *O. bourranensis*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien terminal de Decazeville, Saint-Étienne.

Odontopteris brardii (Brongniart) Brongniart, 1831
Fig. 289, 293

Filicites « brardi », BRONGNIART, 1822 : 234, 89, pl. 2, fig. 5.
Odontopteris brardii, BRONGNIART, 1831 : 252, pl. 75-76.
Odontopteris « brardi », VETTER, 1968 : 110-11, pl. 23 (1-7), 24, 26, 32 (2).
Odontopteris brardii, LANGIAUX, 1984 : 109, fig. 244-245, pl. 6 (6a).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 371-372 (fig. 293), toit 8^e Gruner ou Beaubrun (Mine aux Mineurs. Puits Saint-Simon) Saint-Étienne. D'importants fragments de fronde sont connus et on retiendra deux traits caractéristiques :

— pinnules de grande taille (L : 15 à 25 mm, l : 8 à 10 mm),
— longues pinnules laciniées pouvant atteindre 6 cm, sans doute situées au sommet des pennes principales.

WAGNER (1964b) et KNIGHT (1983) étendent considérablement les limites de cette espèce en incluant les exemplaires *Odontopteris minor* reconnus par ZEILLER à Commentry (1888) et à Blanzy (1906). Cette extension, vraiment peu soutenable (pour des positions identiques dans la fronde, tous les éléments d'*O. brardii* ont une taille au moins double de ceux de d'*O. minor*), n'apporte, en outre, aucun argument susceptible de clarifier les problèmes d'identification posés par les *Odontopteris* à petites pinnules lesquels sont toujours très abondants dans les bassins stéphaniens du Massif Central français.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien moyen et supérieur (France, Allemagne, Espagne ?).

Source : MNHN, Paris

FIG. 289. — (× 0,5) : *Odontopteris brardii* (Brongniart) Brongniart.

Source : MNHN, Paris

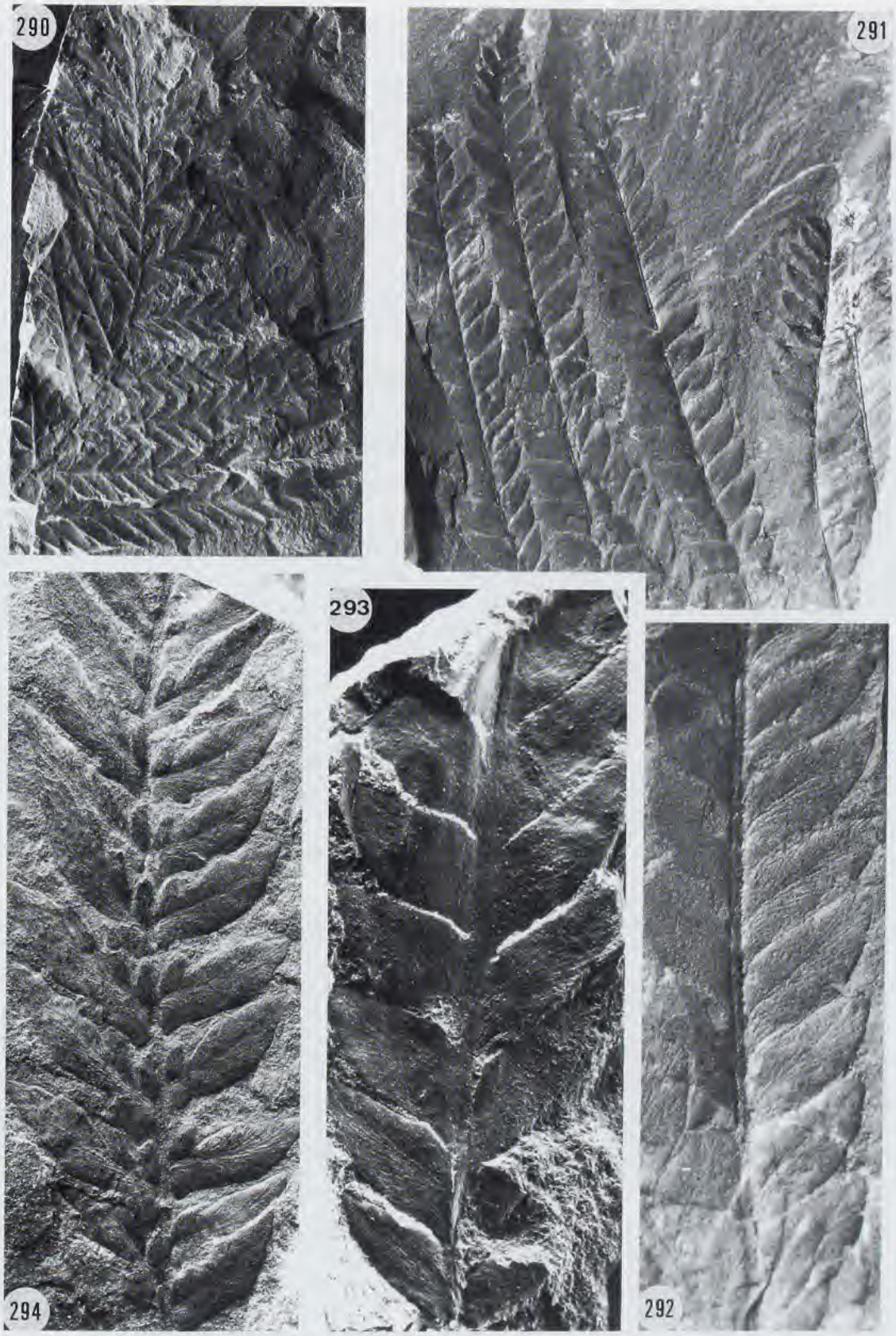


FIG. 290-294. — 290 (× 1) : *Odontopteris minor* Brongniart ; 291 (× 1), 292 (× 3) : *Odontopteris reichiana* (Gutbier) Potonié ; 293 (× 2) : *Odontopteris brardii* (Brongniart) ; 294 (× 2) : *Odontopteris bourranensis* Doubinger et Vetter.

Source : MNHN, Paris

Odontopteris sp. aff. *O. cantabrica* Wagner, 1969
Fig. 295-298

Odontopteris cantabrica, WAGNER *in* WAGNER *et al.*, 1969 : 115-138, pl. 3, fig. 13 et pl. 4, fig. 14, 14a.
Odontopteris cantabrica, DOUBINGER & GERMER, 1971, 15 : 132-134, fig. 3-4, pl. 45, fig. 3.
Odontopteris cantabrica, BOERSMA, 1978 : 60-61, pl. 9, fig. 5, 7.
Odontopteris cantabrica, WAGNER *in* WAGNER *et al.* 1983 : 57-91, pl. 5, fig. 1, 2 ; pl. 6, fig. 1 ; pl. 7, fig. 3.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8365, Saint-Étienne. Pennes d'avant-dernier ordre montrant un passage graduel des pennes aux pinnules. Rachis finement strié dans le sens de la longueur, pennes de dernier ordre insérées presque perpendiculairement au rachis.

Pinnules insérées obliquement sur le rachis, soudées à leur base vers le sommet des pennes ; pinnules basilaires contractées à leurs bases.

Nervures fines subparallèles, assez espacées, une, deux ou plus rarement trois fois divisées.

L'unique échantillon rapporté à cette espèce provient de Saint-Étienne *s.l.* Ses caractéristiques morphologiques correspondent bien à celles de l'espèce créée par WAGNER, exceptées les dimensions beaucoup plus réduites des pinnules (environ deux fois plus petites). C'est pourquoi nous nous contentons de rapprocher simplement le spécimen de Saint-Étienne d'*O. cantabrica* sans être plus affirmatifs, dans la mesure où le matériel-type, toujours très fragmentaire, ne permet pas d'évaluer la variabilité des dimensions de cette espèce.

Si l'identité entre les deux pouvait être ultérieurement confirmée, l'attribution de *O. cantabrica* au genre *Odontopteris* deviendrait alors discutable puisque le spécimen de Saint-Étienne présente également d'indéniables affinités avec les *Callipteridium*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Cantabrien d'Espagne, Westphalien D et Stéphanien A de la Sarre.

Odontopteris minor Brongniart, 1831
Fig. 290, 299, 300-302

Odontopteris minor, BRONGNIART, 1831 : 253, pl. 77.
Odontopteris minor, DOUBINGER, 1956 : 116-117, fig. 15 A (non pl. 13/4, et pl. 14/2 : *0. minor-zeilleri* = *O. reichiana*).
Odontopteris minor, *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1888 : 215-219, pl. 25 (3-5).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 377, 378, 380, 382 (où l'on remarquera les pinnules étroites, quasi triangulaires, à sommet aigu).

Les deux morpho-espèces, *Odontopteris minor* et *Odontopteris reichiana*, sont très fréquentes dans les formations stéphaniennes du Massif Central français. Comme ces plantes présentent une grande variété de formes, avec des passages de l'une à l'autre, la délimitation des espèces s'opère avec de grandes difficultés. Sur une même fronde, et selon le développement de celle-ci, des pinnules plus ou moins aiguës peuvent être observées. Aussi, la récolte de quelques fragments épars ne saurait-elle être considérée comme déterminante pour opter en faveur de l'une ou l'autre espèce.

Odontopteris minor a été décrit par BRONGNIART (1831) et bien figuré (pl. 17). La diagnose en est la suivante : « pinnules, à l'exception des pinnules basilaires, contiguës à leur base mais se séparant rapidement vers leur extrémité en raison de leur contour lancéolé ; leur extrémité est aiguë ; le rapport longueur/largeur est légèrement supérieur à 1/3 ; nervures très marquées se réunissant en une nervure moyenne étendue ; nervures inférieures naissant directement du rachis ; une ou deux fois bifurquées ».

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877 : 112) mentionne la présence dans les couches supérieures de Saint-Étienne d'*O. minor* qu'il dit conforme à la diagnose de BRONGNIART mais il cite comme

Source : MNHN, Paris

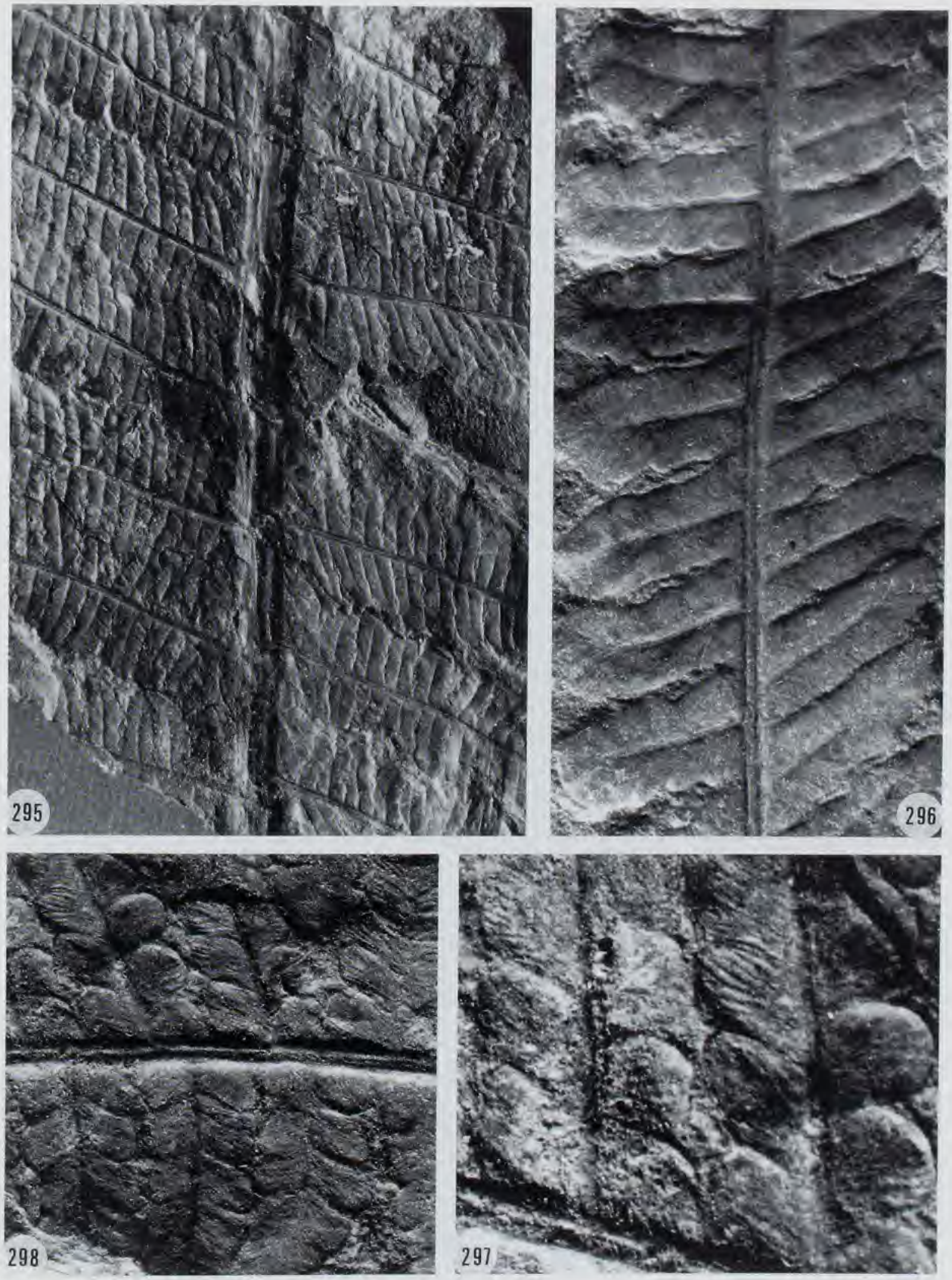


FIG. 295-298. — 295 (× 1), 296 (× 3), 297 (× 6), 298 (× 3) : *Odontopteris* sp. aff. *Odontopteris cantabrica* Wagner.

Source : MNHN, Paris

FIG. 299. — (× 1) : *Odontopteris minor* Brongniart.

Source : MNHN, Paris

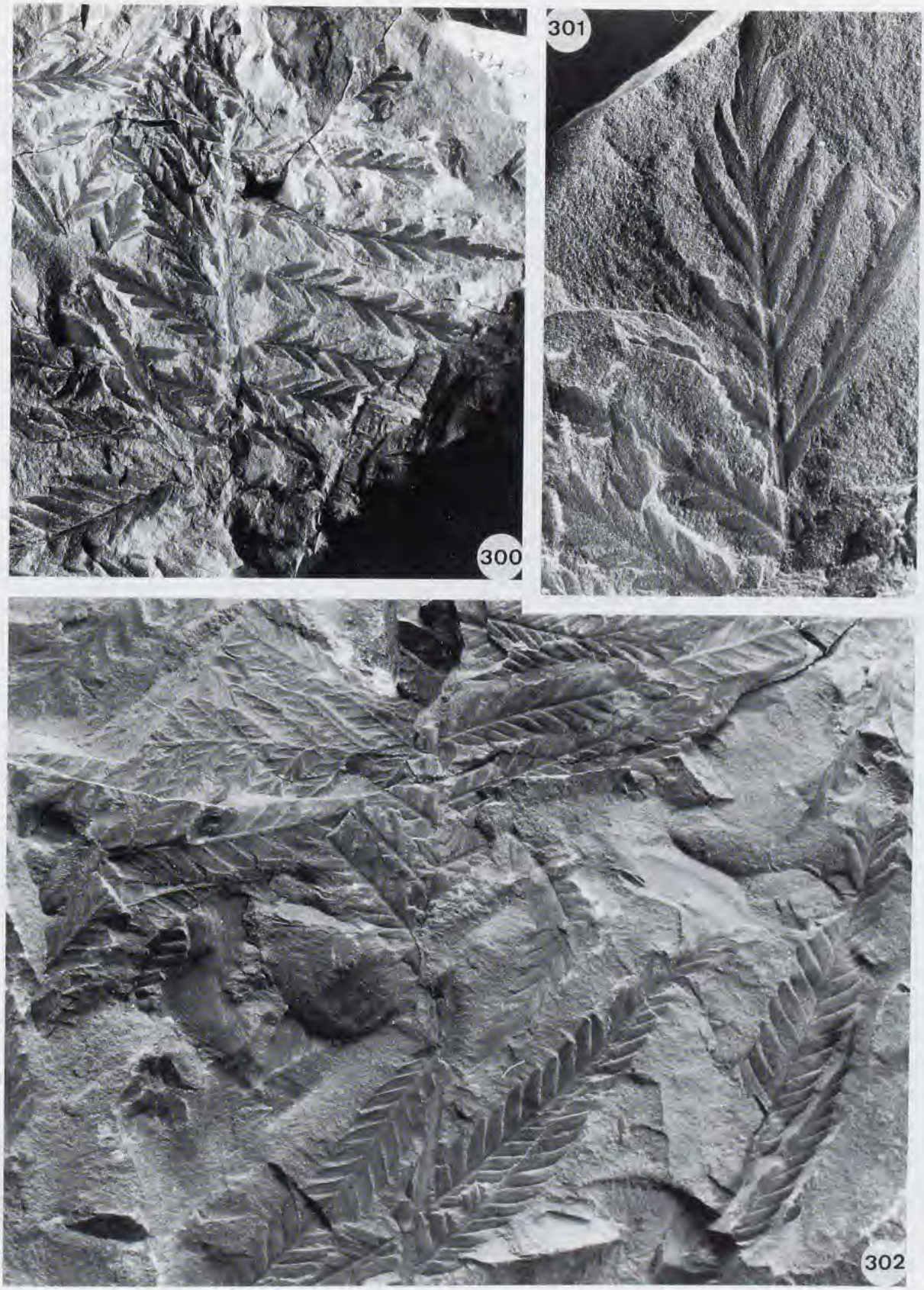


FIG. 300-302. — 300, 302 (× 1), 301 (× 2) : *Odontopteris minor* Brongniart forma *lanceolata*.

Source : MNHN, Paris

beaucoup plus abondante à Saint-Étienne, l'espèce *O. reichiana* décrite en 1835 par GUTBIER dans le bassin de Zwickau. En 1888, ZEILLER introduit dans *O. minor* des formes qui s'écartent nettement de la diagnose originale, ce qui amène POTONIÉ (1903, 13 : 5-6) à séparer *O. minor* forma *brongniarti*, et *O. minor* forma *zeilleri*.

La seconde forme se distingue de la première par des pinnules plus obtuses, plus larges, se touchant par leurs bords si bien que les plantes figurées par ZEILLER correspondent plus à la diagnose d'*O. reichiana* Gutbier qu'à celle d'*O. minor* Brongniart. Par la suite, les deux « formes » de POTONIÉ furent traitées en espèces autonomes ; on a essayé de donner aux différents taxons des significations stratigraphiques et les interprétations sont devenues de plus en plus subjectives (P. BERTRAND, 1918 ; DOUBINGER & VETTER, 1954b ; DOUBINGER, 1956 ; DE MAISTRE, notes inédites 1949 et 1963 ; VETTER, 1968).

Dans un souci de clarification, nous suivons donc, ici, la position proposée par LANGIAUX (1984) qui distingue *O. minor* et *O. reichiana* (= *O. « reichi »* Bertrand, 1930). *O. minor-zeilleri* est alors considéré comme synonyme de cette dernière. Néanmoins, dans le tableau de répartition stratigraphique des espèces, pour souligner l'apport original que constituent les variations d'*O. minor* dans le bassin de Saint-Étienne (et révélatrices d'un possible endémisme ?), nous avons mentionné l'abondance, dans l'assise de Beaubrun, d'une forme à pinnules particulièrement allongées : *Odontopteris minor, « forma » lanceolata* (fig. 300-302).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Saint-Étienne, bassin de Decize (La Machine), Decazeville. Stéphanien.

Odontopteris pseudoschlotheimii de Maistre, 1960
Fig. 303-305

« ***Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi*** », DE MAISTRE, 1960 : 673-676, fig. 1-2, pl. 17 (1-4)

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 393, horizon 12e Gruner. G18, G20, stot Gruner. Pinnules perpendiculaires au rachis ou légèrement décurrentes, contiguës, égales entre elles, courtes, trapues (rapport L/H voisin de 1), à sommet arrondi paraissant souvent surbaissé et comme tronqué. Elles se soudent très graduellement vers l'extrémité de la penne en donnant naissance à de longues pinnules terminales qui s'atténuent lentement et dont les bords, franchement lobés à la base, deviennent ensuite simplement ondulés, enfin droits avec un sommet arrondi ou en forme d'ogive très émoussée. Ces longues pinnules caractérisent bien cette espèce qui n'est connue que dans le bassin de Saint-Étienne où elle constitue un bon repère stratigraphique.

D'après DE MAISTRE (1960), cette espèce a été désignée par GRAND'EURY (1877 : 117) sous le nom d'*O. schlotheimii* Brongniart. Peut-être les échantillons étiquetés *Odontopteris subgenuina* par P. BERTRAND sont-ils également à attribuer à ce taxon.

Cette espèce présente quelques ressemblances avec *O. osmundaeformis* (Potonié, 1893).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Saint-Étienne. « *Odontopteris pseudoschlotheimi* foisonne dans trois niveaux bien définis du Houiller de Saint-Étienne : au toit des 13e et 3e Beaubrun ainsi qu'à une quarantaine de mètres au-dessus des Littes c'est-à-dire à la base, au milieu et au sommet de l'*assise d'Avaize* P. Pruvost. » (DE MAISTRE, 1960).

Source : MNHN, Paris

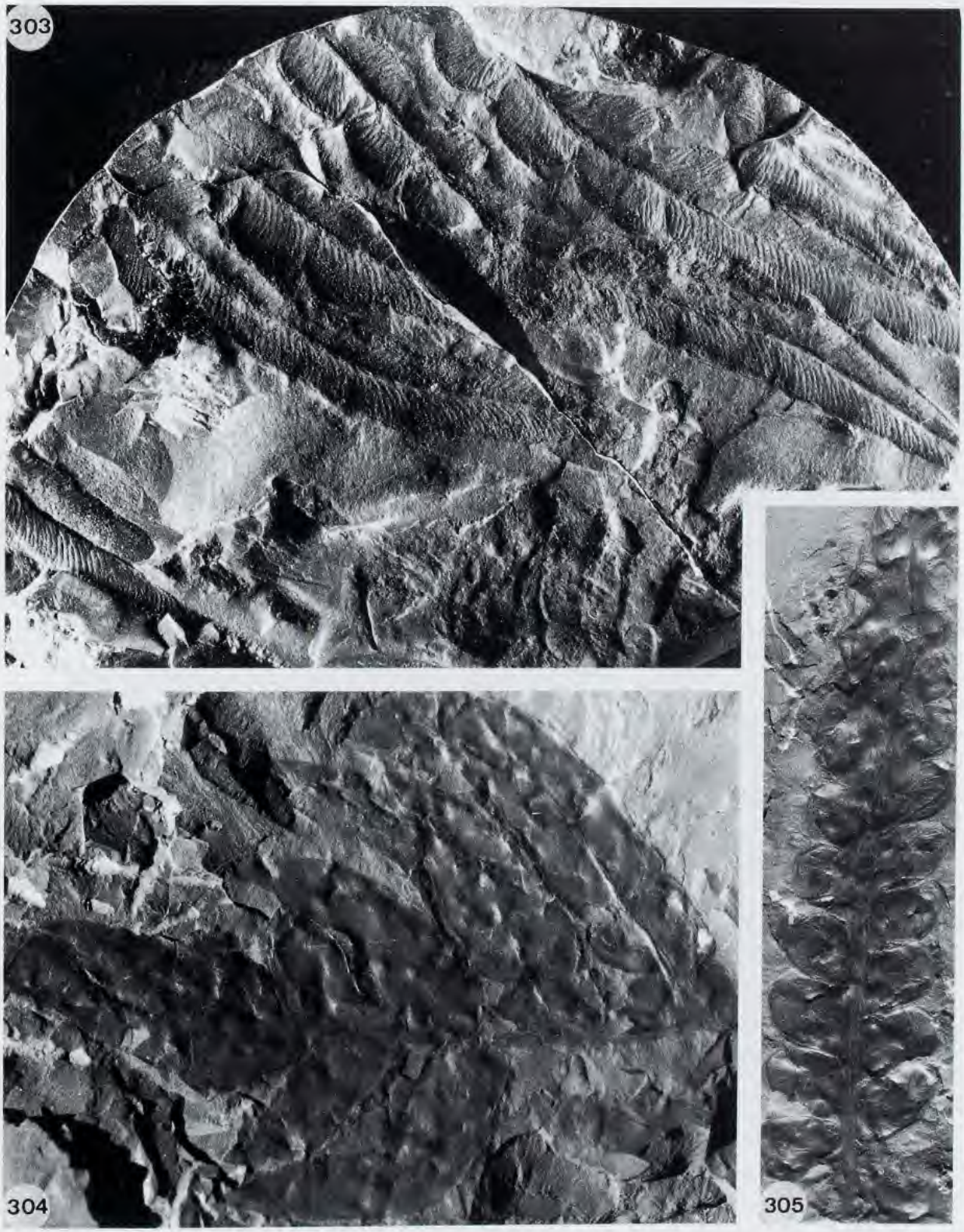


FIG. 303-305. — 303 (× 2), 304, 305 (× 1) : *Odontopteris pseudoschlotheimii* de Maistre.

Source : MNHN, Paris

Odontopteris reichiana Gutbier, 1835 emend. Potonié, 1904
Fig. 291, 292, 306, 307

Odontopteris reichiana, GUTBIER, 1835 : 65-67, pl. 9 (1, 2, 3, 5, 7), 10 (13).
Odontopteris reichiana, GRAND'EURY, 1877 : 112-113, pl. 12.
Odontopteris minor-zeilleri, VETTER, 1968 : 112-115, fig. 24-25, pl. 24 (5), 28 (2), 29 (1-3, 5), 30. 31.
Odontopteris « reichi », BERTRAND, 1930 : 49.
Odontopteris « reichi », LANGIAUX, 1984 : 113, fig. 247-252, pl. 6 (6b).

Odontopteris minor, *auct. non* Brongniart, ZEILLER, 1888 : 215-219, pl. 25 (3-5).
Odontopteris brardii, *auct. non* Brongniart, KNIGHT, 1983 : 187-190, fig. 3, pl. 3 (1-3, 4 ?), pl. 6 ?

MATÉRIEL FIGURÉ. — LY.8 (fig. 306) ; SEM 381 (fig. 307). Pinnules contiguës ou légèrement espacées, à bords parallèles sur les deux tiers de leur longueur, tronquées et se terminant par une pointe obtuse dirigée vers le sommet de la penne. Les débris de cette espèce seraient, selon GRAND'EURY, extrêmement abondants dans les couches moyennes de Saint-Étienne. La planche 12 montre bien à quel point l'architecture de la plante était encore mal connue à l'époque où écrivait GRAND'EURY.

REMARQUE. — GRAND'EURY (1877 : 113) distingue dans l'espèce *O. reichiana* (et non dans *O. minor*) deux variétés : var. *primigenia*, « grêle, plus maigre », et var. *lanceolata*, « plus ample, allongée et plus aiguë ».

GUTBIER (1835) avait également distingué dans *O. reichiana*, une var. *major* à longues pinnules.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Europe, du Westphalien C jusqu'au sommet du Stéphanien. Espèce particulièrement bien représentée dans certains bassins houillers du Massif Central français (Commentry, Decazeville, Blanzy-Montceau).

Odontopteris subcrenulata var. *elongata* Doubinger et Vetter, 1954
Fig. 286

Odontopteris subcrenulata var. ***elongata***, DOUBINGER & VETTER, 1954 : 114-115.
Odontopteris subcrenulata var. ***elongata***, DOUBINGER & REMY, 1958 : 10-11, pl. 4, fig. 1-2.
Odontopteris subcrenulata var. ***elongata***, VETTER, 1968 : 118-119, pl. 26 (3-4), 28 (7), 29 (4), 38 (1).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL E 48. Pennes secondaires insérées presque perpendiculairement sur le rachis secondaire, peu distantes les unes des autres, longues de 8 à 10 cm dans la région moyenne des pennes primaires où elles portent 6 à 8 paires de pinnules et se terminent par une pinnule assez grande de contour ovale-allongé ; pinnules normales nettement séparées les unes des autres, arrondies, décurrentes à la base sur le rachis, plus hautes que larges (10 à 13 mm × 7 à 8 mm) ; pinnule basilaire anadrome fortement contractée à la base ; pinnule catadrome située dans l'angle des deux rachis.

Dans les pinnules normales, nervures égales et parallèles, issues directement du rachis, plusieurs fois divisées et faiblement recourbées vers l'extérieur, dans les pennes basilaires : nervures disposées en éventail ; dans la pinnule terminale, nervure principale formée par le prolongement du rachis.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de France.

Source : MNHN, Paris

FIG. 306. — (× 3) : *Odontopteris reichiana* (Gutbier) Potonié.

Source : MNHN, Paris

FIG. 307. — (× 3) : *Odontopteris reichiana* (Gutbier) Potonié.

Source : MNHN, Paris

Genre *Lescuropteris* Schimper, 1869

ESPÈCE-TYPE. — ***Lescuropteris moorii*** (Lesquereux) Schimper, 1869.

Lescuropteris, PRESL in STERNBERG, 1838 : 167.

Lescuropteris genuina (Grand'Eury) Rémy et Rémy, 1975

Odontopteris genuina, GRAND'EURY, 1877 : 115.
Odontopteris genuina, ZEILLER, 1888 : 219-224, pl. 24 (1-3), 25 (1-2), 31 (1).
Lescuropteris genuina (Grand'Eury), RÉMY & RÉMY, 1975 : 93-100, 1 fig. , pl. 14.
Odontopteris genuina, KNIGHT, 1983 : 190-194, fig. 4, pl. 2 (1-4).
Lescuropteris genuina, LANGIAUX, 1984 : 115, fig. 253-156.

GRAND'EURY signale la présence répétée d'un « nouveau type spécifique » à « larges et courtes pinnules triangulaires relevées comme les dents d'une scie, avec des nervures nettes et espacées » proche d'*Odontopteris alpina* et d'*Odontopteris brardii* mais ne le représente pas. Or, dans la collection GRAND'EURY déposée au Muséum, figure (MNHN 8372) un échantillon répertorié : *Odontopteris genuina*. En raison du manque d'informations exactes concernant son origine et d'un état de conservation très médiocre, cet échantillon ne peut être considéré comme le type de l'espèce nouvelle signalée par GRAND'EURY.

À partir des nombreux exemplaires recueillis dans le bassin de Commentry, ZEILLER (1888) a été en mesure de donner une description détaillée des dernières divisions de la plante. On retiendra, en particulier, l'axe figuré pl. 31 (1), « tige rampante » ou « rhizome » (25 à 30 cm à la base) qui émet des rameaux « toujours fortement réfléchis en arrière ». Dans le bassin de Blanzy-Montceau, l'espèce est également bien représentée au toit de la 1ère couche de l'assise de Montceau. Parmi les récoltes effectuées, on observe des rachis d'ordre n -2 parfois très longs (connu jusqu'à 60 cm), ne portant que des pennes courtes, cycloptéridiennes ou réduites à 3 à 5 pinnules au plus. De chaque côté des rachis d'ordre n -1, des pennes de dernier ordre, de 8 à 10 cm de longueur en moyenne, remplacent rapidement les pennes réduites et l'on constate que les pennes d'ordre n situées à l'intérieur de la fourche formée par deux rachis n -1, restent pratiquement égales aux pennes externes de même ordre et ce, quelle que soit leur longueur. En aucun cas, il n'a été vu de pennes extérieures bipinnées, comme c'est la règle chez les *Odontopteris* et les *Mixoneura* dont l'architecture est connue (à noter que ZEILLER figure des échantillons d'*O. genuina* récoltés à Commentry où les pennes de dernier ordre atteignent 30 cm).

Au cours de notre révision, nous n'avons relevé, dans les collections conservées à Saint-Étienne même, aucun échantillon qui puisse se rapporter à *L. genuina*.

À ce point de la discussion concernant *L. genuina*, nous émettrons deux hypothèses :

— l'échantillon MNHN 8372 ne proviendrait pas de Saint-Étienne (faciès inconnu semble-t-il dans ce gisement) ;
— au moment des premières découvertes, des confusions auraient pu se produire entre certains éléments d'*O. schlotheimii* Brongniart, d'*O. pseudoschlotheimii* de Maistre et l'on trouve dans les collections de Lille, des échantillons originaires de Saint-Étienne étiquetés « *O. subgenuina* » par BERTRAND.

L. genuina figure donc dans le tableau récapitulatif de la flore de Saint-Étienne, faute de pouvoir apporter la preuve formelle de son absence dans le gisement, mais il est évident que le problème appelle une révision complète. À défaut de type et vraisemblablement de lectotype, la désignation d'un néotype serait bienvenue.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D ?, Stéphanien.

Source : MNHN, Paris

Famille des Rachivestitaceae

Genre *Linopteris* Presl, 1838

Espèce-type. — ***Linopteris gutbieriana*** Presl, 1838.

Linopteris, Presl *in* Sternberg, 1838 : 167.

Linopteris brongniartii (Gutbier) Potonié, 1897
Fig. 308-310

Dictyopteris « brongniarti », Gutbier, 1835 : 62, pl. 11 (7, 9, 10).
Dictyopteris « brongniarti », Zeiller, 1888 : 270-273, pl. 30 (1-5).
Linopteris « brongniarti » (Gutbier) Potonié, 1897 : 154, fig. 152.
Linopteris « brongniarti », Vetter, 1968 : 104-105, pl. 35 (1, 2, 4, 5).
? ***Linopteris gangamopteroides***, Wagner & Lemos de Sousa, 1982 : 247-256, pl. 4 (12).
? ***Reticulopteris « florini »***, Knight, 1983 : 195-200, fig. 5, pl. 7 (1-7), pl. 8 (1-5).
Linopteris « brongniarti », Langiaux, 1984 : 101, fig. 224-226.

Matériel figuré. — SEL E 19 (fig. 309). 8e Gruner (Le Berland). LY 4 (fig. 308). 8e Gruner (Eparre). SEM 437 (fig. 310). Frondes de grande taille, rachis n -1 garnis entre les pennes d'ordre n, de pinnules orbiculaires ou ovales linéaires. Pennes d'ordre n, graduellement rétrécies vers leur base et terminées par deux pinnules (Neuroptérides paripinnatae selon Gothan, 1941 ou Parispermae selon Laveine, 1966). Les pinnules situées à l'apex des pennes, toujours un peu falciformes, sommet dirigé vers l'avant, celles situées à la base étant, au contraire, réfléchies vers l'arrière. Nervure médiane se suivant parfois jusqu'au deux tiers des pinnules longues, nulle ou presque sur les pinnules courtes ou orbiculaires ; nervures secondaires nombreuses, atteignant assez obliquement le bord du limbe, anastomosées, formant des mailles longues et étroites.

L'exemplaire de la fig. 308 montre nettement la taille décroissante des pinnules.

Répartition géographique et stratigraphique. — Du Westphalien supérieur à l'Autunien.

Linopteris neuropteroides (Gutbier) Zeiller, 1899

Dictyopteris neuropteroides, Gutbier *in* Geinitz, 1855 : 23, pl. 28 (6).
Linopteris neuropteroides, Zeiller, 1899 : 48, fig. 10.

Rachis d'avant-dernier ordre garni de pinnules fixées entre les bases des pennes de dernier ordre. Pennes de dernier ordre obliques sur le rachis, à bords parallèles. Pinnules allongées, assez étroites par rapport à leur longueur, un peu arquées en faux à leur extrémité, à bords parallèles, contractées à leur base ; leur longueur décroît vers le sommet et vers la base des pennes de dernier ordre. Pinnules basilaires nettement plus petites, de contour triangulaire ; pinnules rachidiennes également de contour triangulaire. Nervation réticulée, à mailles allongées rayonnant à partir de la base et d'une nervure médiane très peu marquée dans le tiers inférieur des pinnules.

L. neuropteroides se distingue de *L. brongniartii* par son feuillage plus dense, ses pinnules plus étroites par rapport à leur longueur.

Répartition géographique et stratigraphique. — Assise de Rive de Gier dans le bassin de Saint-Étienne. Westphalien C, D et Stéphanien inférieur d'Europe.

Source : MNHN, Paris

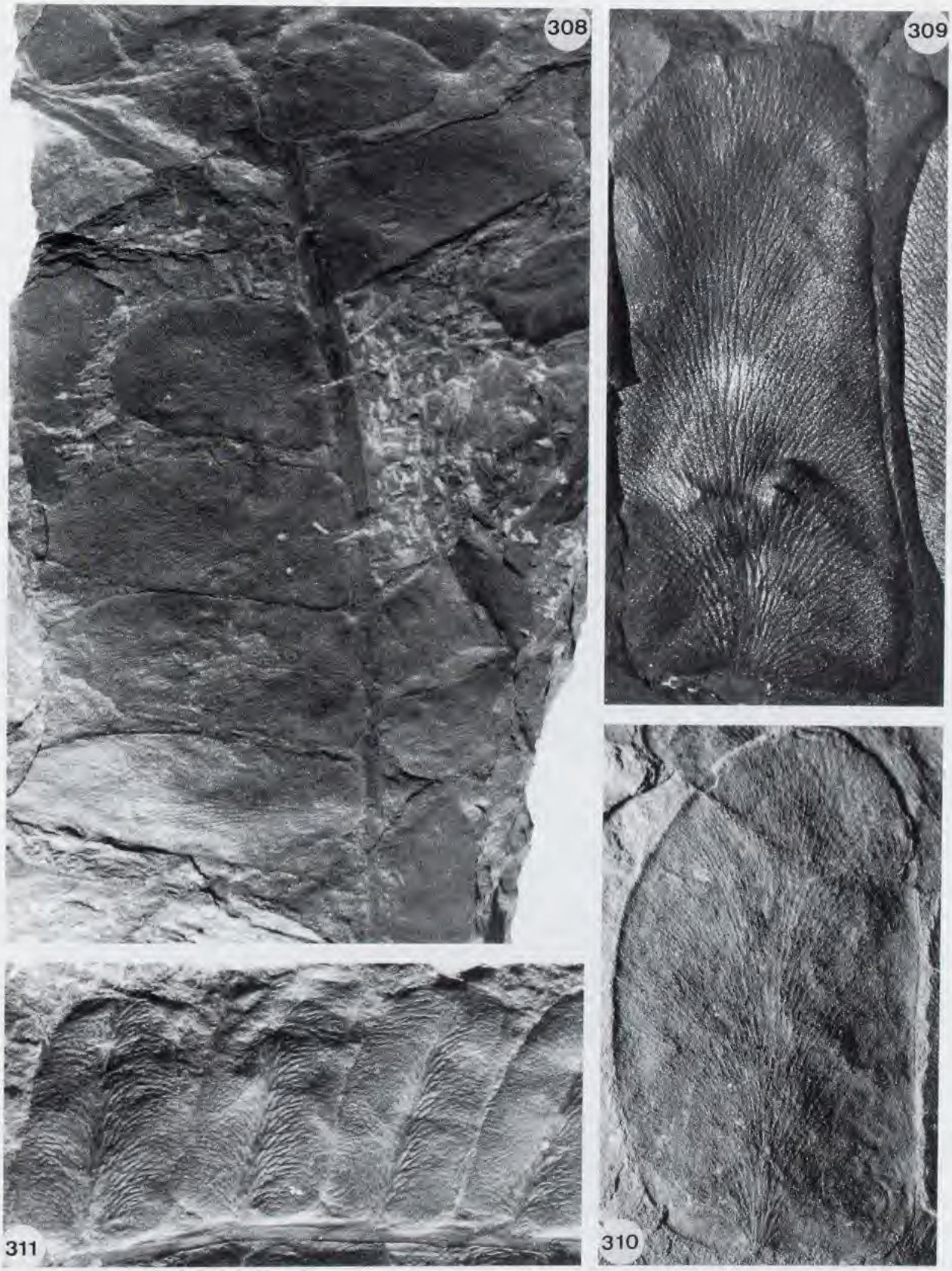


FIG. 308-311. — 308 (× 1), 309, 310 (× 3) : *Linopteris brongniartii* (Gutbier) Potonié ; 311 (× 3) : *Reticulopteris germarii* (Giebel) Gothan.

Source : MNHN, Paris

Famille des Eusphenopteridaceae

Genre *Eusphenopteris* Simson-Scharold, 1934

Espèce-type. — ***Eusphenopteris obtusiloba*** (Brongniart) Novik, 1947.

Eusphenopteris, Simson-Scharold 1934 : 37.

Eusphenopteris rotundiloba (Nemejc) van Amerom, 1975
Fig. 215

Sphenopteris rotundiloba, Nemejc, 1937 : 9, fig. 4.
Sphenopteris rotundiloba, Alvarez-Ramis, 1965 : 43-44, pl. 60-62.
Eusphenopteris rotundiloba (Nemejc), van Amerom, 1975 : 82-84, fig. 48, pl. 44 (1-5).

Matériel figuré. — SEM 169. *Sphenopteris rotundiloba* a été identifié sur un échantillon de l'assise de Rive de Gier. Les pinnules sont circulaires à triangulaires, présentant alors trois lobes très nets ; le limbe semble avoir été assez épais ; les nervures assez fines arrivent obliquement sur les bords du limbe, elles sont une ou tout au plus deux fois divisées.

Remarque. — Comme le souligne van Amerom (1975), cette espèce est très proche d'*Eusphenopteris nummularia* et pourrait être considérée comme un descendant attardé de cette plante. Son maintien comme espèce autonome ne se justifie que par le hiatus important entre sa zone de présence au Stéphanien B-C de Tchécoslovaquie, de France, d'Espagne, du Portugal et la zone d'extension d'*E. nummularia*, Westphalien A et D d'Europe nord occidentale, avec l'acmé située au Westphalien B.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien d'Europe.

Famille des Mariopteridaceae

Genre *Pseudomariopteris* Danzé-Corsin, 1953

Espèce-type. — ***Pseudomariopteris busquetii*** (Zeiller) Danzé-Corsin, 1953.

Pseudomariopteris, Danzé-Corsin, 1953 : 33.

Pseudomariopteris busquetii (Zeiller) Danzé-Corsin, 1953
Fig. 312-315

Diplotmema « busqueti », Zeiller, 1888 : 87-91, pl. 4 (6-8).
Diplotmema « busqueti », Zeiller, 1906 : 32-35, pl. 8 (1-4).
Pseudomariopteris « busqueti » (Zeiller), Danzé-Corsin, 1953 : 33-35.

Matériel figuré. — SEM 491a, 492, faisceau de Beaubrun. Pinnules triangulaires irrégulièrement lobées, attachées au rachis par toute leur base ; pinnules contractées à la base dans les régions basales des pennes ; pinnules basilaires des pennes de dernier ordre plus développées que les autres, la pinnule catadrome est plus nettement bifide vers la base des pennes d'avant-

Source : MNHN, Paris

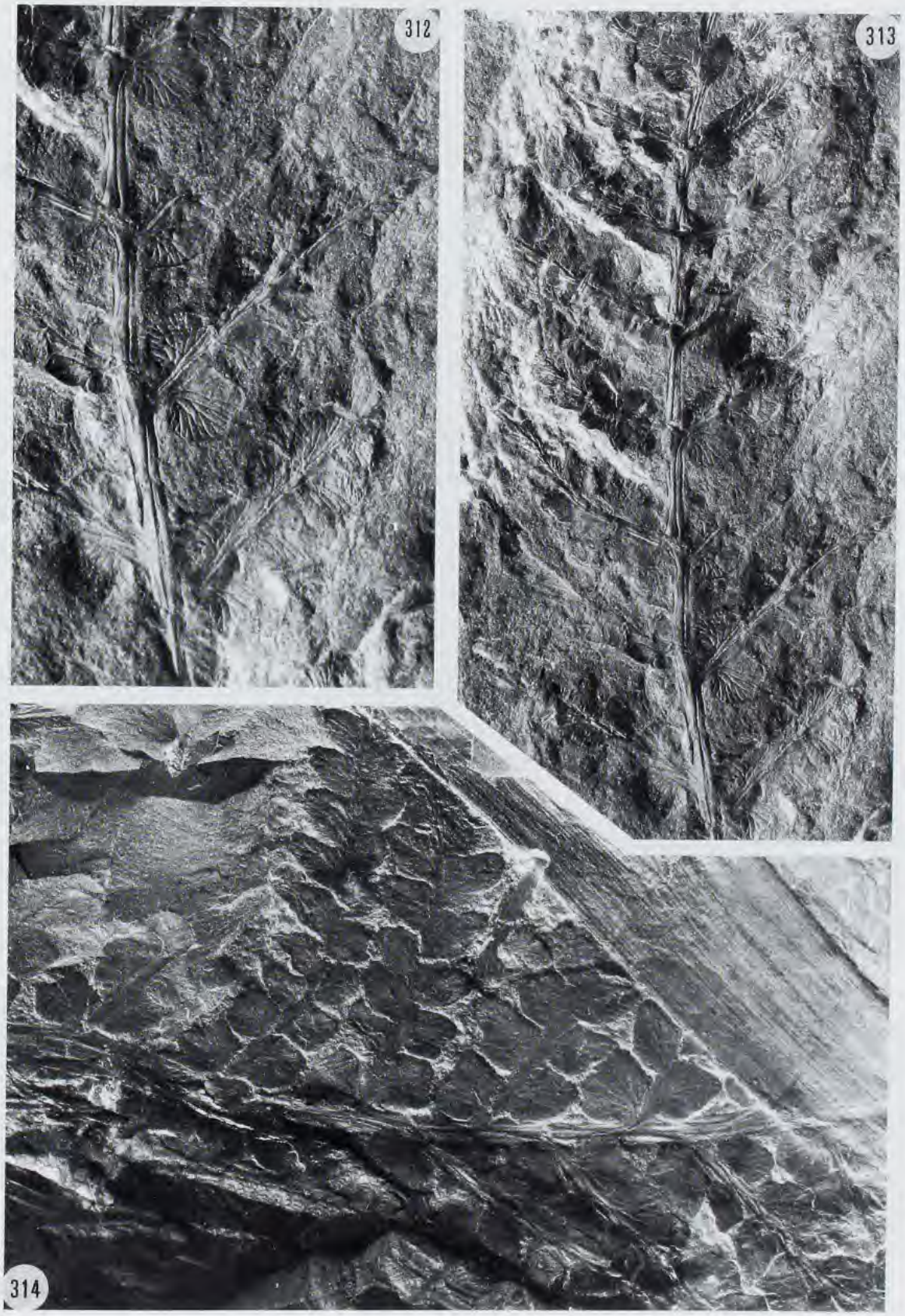


FIG. 312-314. — 312 (× 3), 313, 314 (× 2) : *Pseudomariopteris busquetii* (Zeiller) Danzé-Corsin.

Source : MNHN, Paris

FIG. 315-316. — 315 (× 3) : *Pseudomariopteris busquetii* (Zeiller) Danzé-Corsin ; 316 (× 3) : *Pseudomariopteris ribeyronii* (Zeiller) Danzé-Corsin.

Source : MNHN, Paris

dernier ordre. Nervation nette, surtout à la face inférieure des pinnules ; nervure principale oblique, nervures secondaires naissant près de la base de la nervure médiane, plusieurs fois divisées, flexueuses.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Espèce caractéristique du Stéphanien : Allemagne, France, Espagne.

Pseudomariopteris ribeyronii (Zeiller) Danzé-Corsin, 1953
Fig. 316

Diplotmema « ribeyroni », ZEILLER, 1888 : 91-94, pl. 4 (3-5).
Pseudomariopteris « ribeyroni » (Zeiller), DANZÉ-CORSIN, 1953 : 33-35.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEL E 7, 8[e] Gruner (Le Berland) Pinnules triangulaires, base très contractée, sommet aigu ; les pinnules les plus évoluées avec un lobe bien marqué du côté inférieur ; pinnule basilaire catadrome un peu plus développée que les pinnules normales, triangulaire, avec un lobe très important. En général, nervure médiane bien marquée.

Pseudomariopteris ribeyronii est beaucoup moins fréquent que *P. busquetii.*

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien et Autunien.

Genre *DICKSONITES* Sterzel, 1881, emend. Danzé-Corsin, 1953.

ESPÈCE TYPE. — ***Dicksonites pluckenetii*** (Schlotheim, 1804) Sterzel, 1881.

Dicksonites, STERZEL, 1881 : 223.
Dicksonites, DANZÉ-CORSIN, 1953 : 15-21, fig. 1-3.

Dicksonites pluckenetii (Schlotheim) Sterzel, 1881.
Fig. 317

Pecopteris pluckeneti, SCHLOTHEIM, 1804 : 52, pl. 10, fig. 19.
Dicksonites pluckeneti, STERZEL, 1881, 226.
Dicksonites pluckeneti, DANZÉ-CORSIN, 1953 : 15-21, fig. 1-3.
Pecopteris pluckeneti, RÉMY & RÉMY, 1959 : 157, fig. 134b.
Dicksonites sterzeli, VETTER, 1968 : 124, 125, Pl. 36, fig. 6.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 475 (BL 12.22), la Talaudière (la Chazotte ; Langonand). Penne d'avant-dernier ordre portant des pennes de dernier ordre assez raides, alternes, presque perpendiculaires au rachis ; pinnules allongées, attachées au rachis par toute leur base, à bords découpés en lobes arrondis ; limbe boursouflé ce qui semble être un caractère de l'espèce ; nervation peu visible en raison des boursouflures du limbe qui, de plus, semble avoir été assez coriace.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien et Autunien d'Europe.

Source : MNHN, Paris

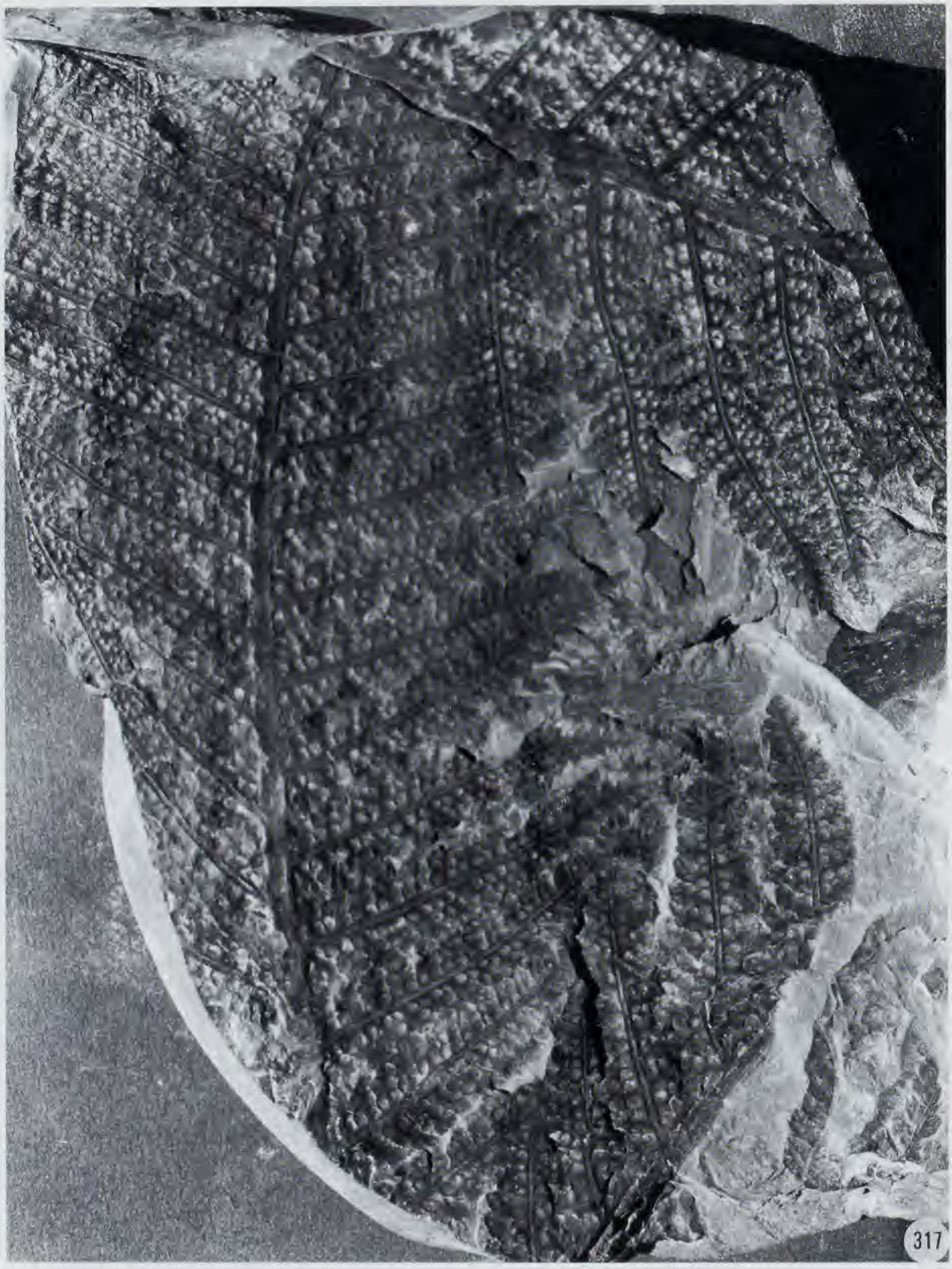


FIG. 317. — (× 1) : *Dicksonites pluckenetii* (Brongniart) Sterzel.

Source : MNHN, Paris

Dicksonites sterzelii (Zeiller) Danzé-Corsin, 1953
Fig. 318

Pecopteris « sterzeli », ZEILLER, 1888 : 178-191, pl. 5 (1-2), 6, 7, 8 (1-2).
« Dicksonites sterzeli » (Zeiller), DANZÉ-CORSIN, 1953 : 15-21, fig. 1-3.
« Dicksonites pluckeneti (Pecopteris sterzeli) », DOUBINGER, 1956 : 122, fig. 16 A.
« Dicksonites sterzeli », VETTER, 1968 : 124-125, pl. 36 (1, 2, 5, non 6).
« Dicksonites pluckeneti », KNIGHT, 1983 : 230-232, pl. 16 (3).
« Dicksonites sterzeli », LANGIAUX, 1984 : 123, fig. 271-274.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 476 (BL 16.01), faisceau de Beaubrun (Puits Guérin). Pennes de dernier ordre insérés obliquement sur un rachis ailé : pinnules triangulaires à trapézoïdales, à bord lobé, insérées sur le rachis par toute leur base ; limbe fin, étalé, nervures très nettes ; nervure médiane décurrente à sa base, émettant des faisceaux de nervures dans chaque lobe ; axes pouvant porter des trichomes.

REMARQUE. — DANZÉ-CORSIN (1953) a proposé de réunir sous le nom de *Dicksonites pluckenetii*, l'espèce de Sterzel et le *Pecopteris sterzelii* Zeiller de Commentry. RÉMY & RÉMY (1977) ont également adopté cette position. Toutefois, DOUBINGER (1956) et VETTER (1968) ont constaté des différences entre ces deux plantes justifiant la distinction d'une forme *pluckenetii* et d'une forme *sterzelii*. Après examen du matériel de Saint-Étienne et révision de la littérature, nous adoptons le maintien de deux espèces distinctes sans toutefois leur attribuer une signification évolutive ou stratigraphique comme cela avait été suggéré auparavant (DOUBINGER, 1956). Sous la dénomination *Pecopteris pluckenetii* Schlotheim, RÉMY & RÉMY (1959) figurent côte à côte deux empreintes dont l'une correspondrait à *D. pluckenetii* (fig. 134b) et l'autre à *D. sterzelii* (134a, c). Ces deux figures font nettement ressortir les différences entre les deux espèces.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien D, Stéphanien et Autunien d'Europe.

FAMILLE DES CALLIPTERIDIACEAE

Genre *CALLIPTERIDIUM* Weiss, 1870

ESPÈCE-TYPE. — ***Callipteridium sullivantii*** (Lesquereux) Weiss, 1870.

Callipteridium gigas (Gutbier) Weiss, 1870
Fig. 319, 321-323

Pecopteris gigas, GUTBIER, 1849 : 14.
Callipteridium gigas (Gutbier), WEISS, 1870 : 879.
Callipteridium gigas, VETTER, 1968 : 94-95, pl. 20 (fig. 6), pl. 22 (fig. 3, 4, non 9).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 325 : fig. 319 (BL 26.01), faisceau de Beaubrun ; SEM 351 (fig. 321, 322) ; SEM 349 (fig. 323). L'architecture des frondes de cette espèce est semblable à celle de *C. pteridium*, toutefois, les pinnules sont plus grandes, plus serrées que chez celui-ci, se touchant par leurs bords ; l'extrémité des pinnules est généralement arrondie chez *C. gigas*. La nervation est fine et serrée, les nervures secondaires, plusieurs fois divisées, aboutissent presque perpendiculairement aux bords du limbe.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien d'Europe.

Source : MNHN, Paris

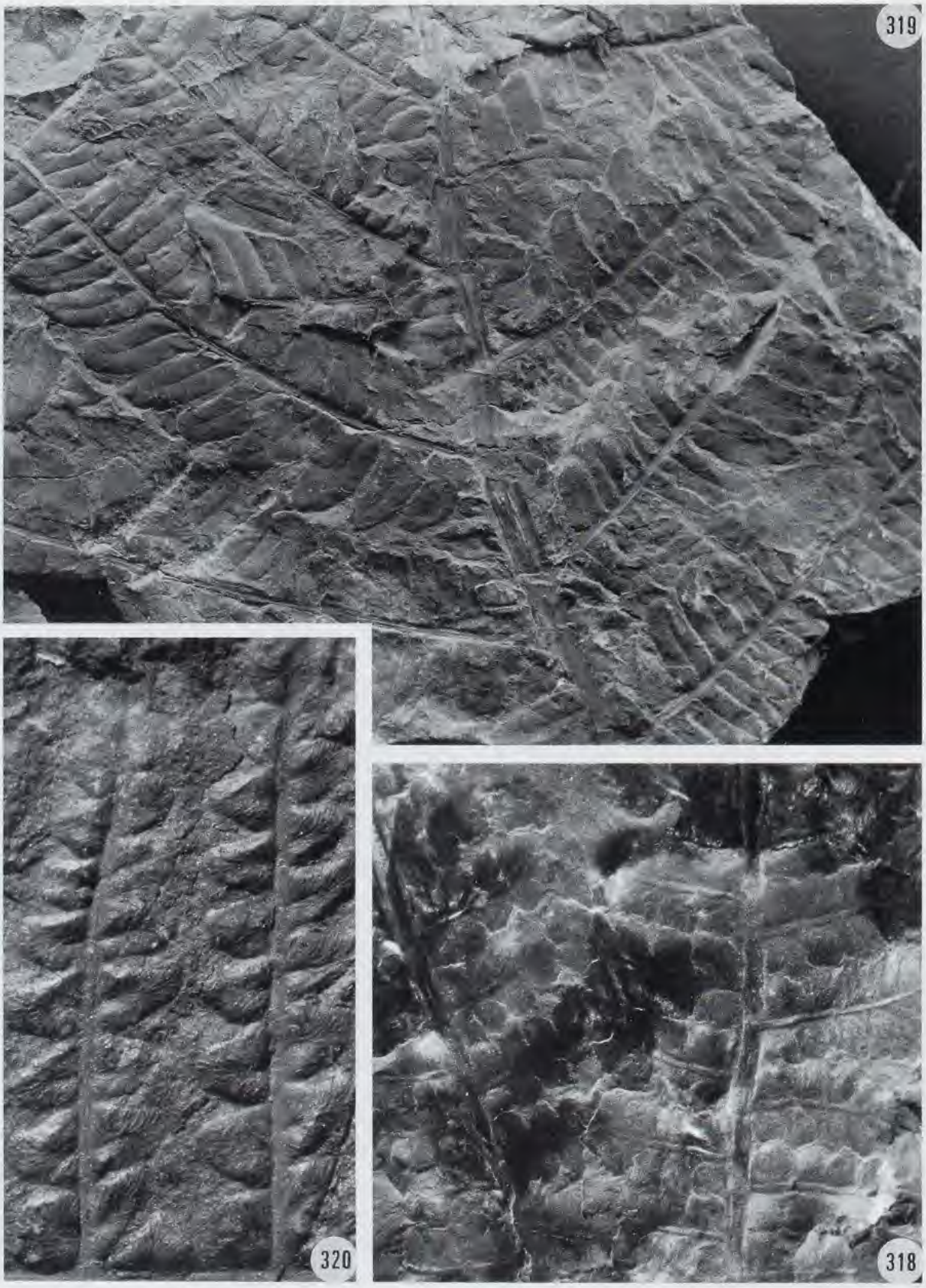


FIG. 318-320. — 318 (× 3) : *Dicksonites sterzelii* (Zeiller) Danzé-Corsin ; 319 (× 1) : *Callipteridium gigas* (Gutbier) Weiss ; 320 (× 3) : *Callipteridium rotundifolium* Doubinger, n. sp.

Source : MNHN, Paris

Callipteridium pteridium Schlotheim *ex* Zeiller, 1888
Fig. 324-326

Filicites pteridius, SCHLOTHEIM, 1820 : 406.
? ***Pecopteris pteroides***, BRONGNIART, 1831 : 329, pl. 105 (1).
Callipteridium pteridium, ZEILLER, 1888 : 194-199, pl. 19 (1-3).
Callipteridium pteridium, VETTER, 1968 : 94, pl. 22 (fig. 8, 9).
Callipteridium pteridium, WENDEL, 1980 : 107-131, pl. 10 (2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 346, 8e Gruner (Eparre). MNHN 722 (*Pecopteris pteroides*, BRONGNIART, fig. 324, 325). Rachis primaire strié longitudinalement, infléchi en zigzag à la naissance de chacune des pennes primaires bipinnées et garni, entre les bases des pennes primaires, de pennes simplement pinnées. Rachis secondaire portant, entre deux pennes secondaires consécutives, une à trois pinnules triangulaires. Pinnules alternes, parfois un peu arquées en faux, attachées au rachis par toute leur base, longues de 4 à 15 mm ; extrémité arrondie ou obtusément aiguë. Nervation médiane nette, légèrement arquée ; nervures secondaires une à deux fois divisées aboutissant obliquement sur les bord du limbe. *C. zeilleri* Wagner serait très proche de *C. pteridium*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien européen.

Callipteridium rotundifolium Doubinger n. sp.
Fig. 320, 327-330

MATÉRIEL-TYPE. — SEM 335 A figuré (fig. 328, 329) ; SEM 332 (BL 01.13).

LOCALITÉ-TYPE. — Colline d'Avaize, horizon de la 3e Beaubrun.

Autre matériel figuré. — SEM 338A (fig. 330) SEM 354a (fig. 327) ; MNHN 8366 (fig. 320).

MATÉRIEL EXAMINÉ. — Une quinzaine d'échantillons de la collection de l'École des Mines de Saint-Étienne : SEM 330 à 342, 353, 355 A et B, proviennent de la colline d'Avaize, faisceau de Beaubrun. Les n° 330 et 342 portent l'étiquette *Callipteridium rotundifolium* écrite de la main de P. BERTRAND. Cependant nous n'avons trouvé aucune description de cette espèce. Nous lui rapportons également les n° 352 et 354 A et B de la Talaudière ainsi qu'une empreinte MNHN 8366 de Saint-Étienne, sans localisation précise.

DIAGNOSE (J. DOUBINGER). — Fronde de petites dimensions. Pennes n -1 pouvant atteindre 9 cm de longueur pour une largeur de 5 cm ; rachis finement strié. Pennes n, longues de 4-6 cm, alternes, obliques sur le rachis.

Pinnules triangulaires, longues de 7 à 12 mm environ, attachées au rachis par toute leur base et légèrement adhérentes entre elles à leur base ; extrémité un peu arquée vers le sommet de la penne, à limbe épais ; les plus grandes pinnules (15 mm) à bords faiblement lobés.

Nervure médiane forte, profondément enfoncée dans le limbe, se poursuivant jusqu'au tiers supérieur de la pinnule, nervures latérales fines, assez serrées, obliques sur les bords des pinnules.

Une seule pinnule intercalaire fixée directement sur le rachis entre deux pennes de dernier ordre consécutives ; leur contour est triangulaire, à base très large par rapport à la hauteur ; nervure centrale très courte, parfois réduite à un point d'où partent les nervures secondaires fines.

REMARQUES. — Cette espèce se distingue de *C. pteridium* par ses pinnules plus trapues, au limbe épais, à nervures latérales fines, et par ses petites dimensions.

Par le contour triangulaire de ses pinnules, elle semble présenter quelques affinités avec *C. trigonum* Franke, espèce endémique des bassins limniques de Bohême où elle coexiste avec *C. gigas* (FRANKE, 1912-1913).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du bassin de Saint-Étienne.

Source : MNHN, Paris

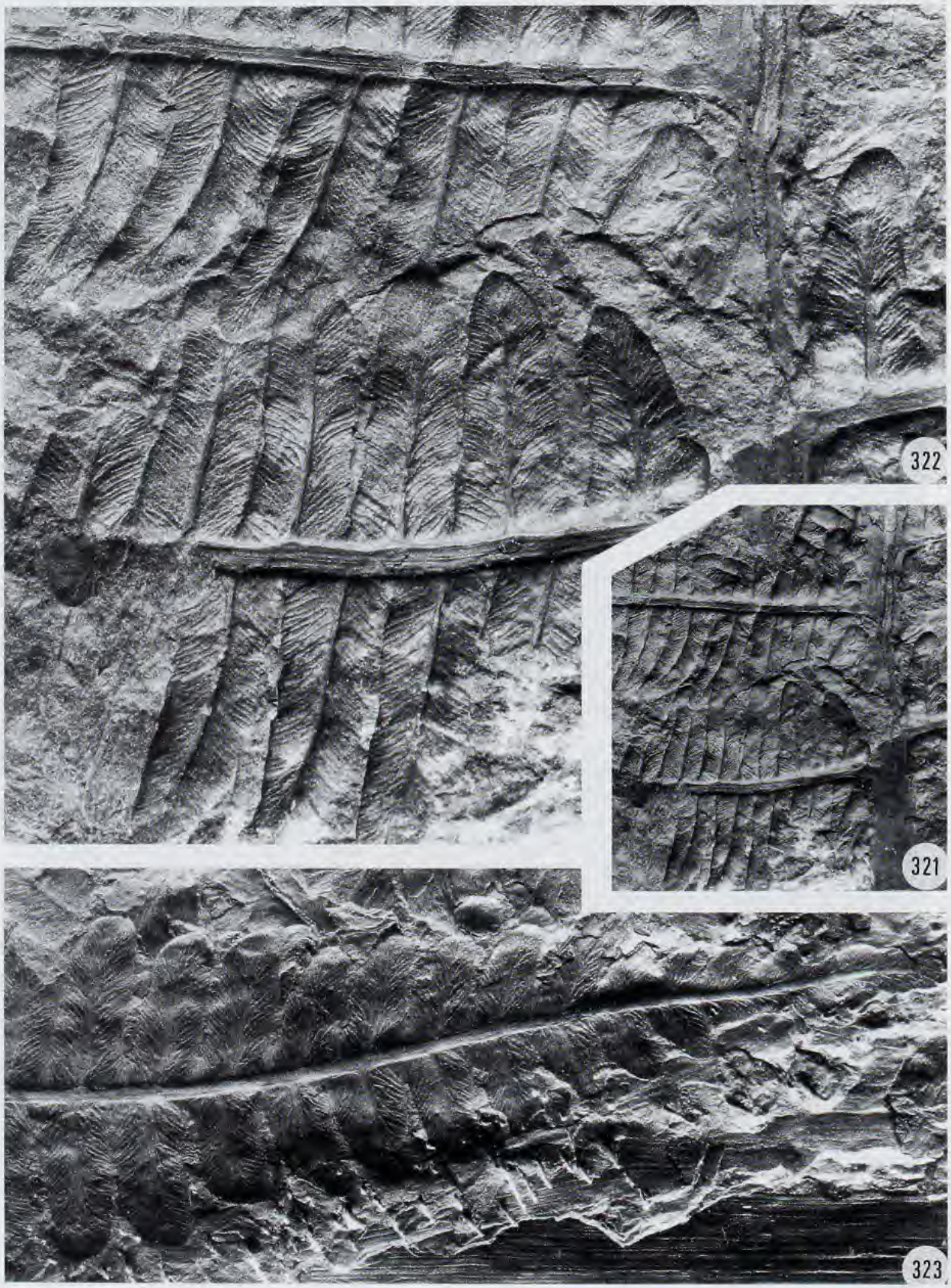


FIG. 321-323. — 321 (× 1), 322, 323 (× 3) : *Callipteridium gigas* (Gutbier) Weiss.

Source : MNHN, Paris

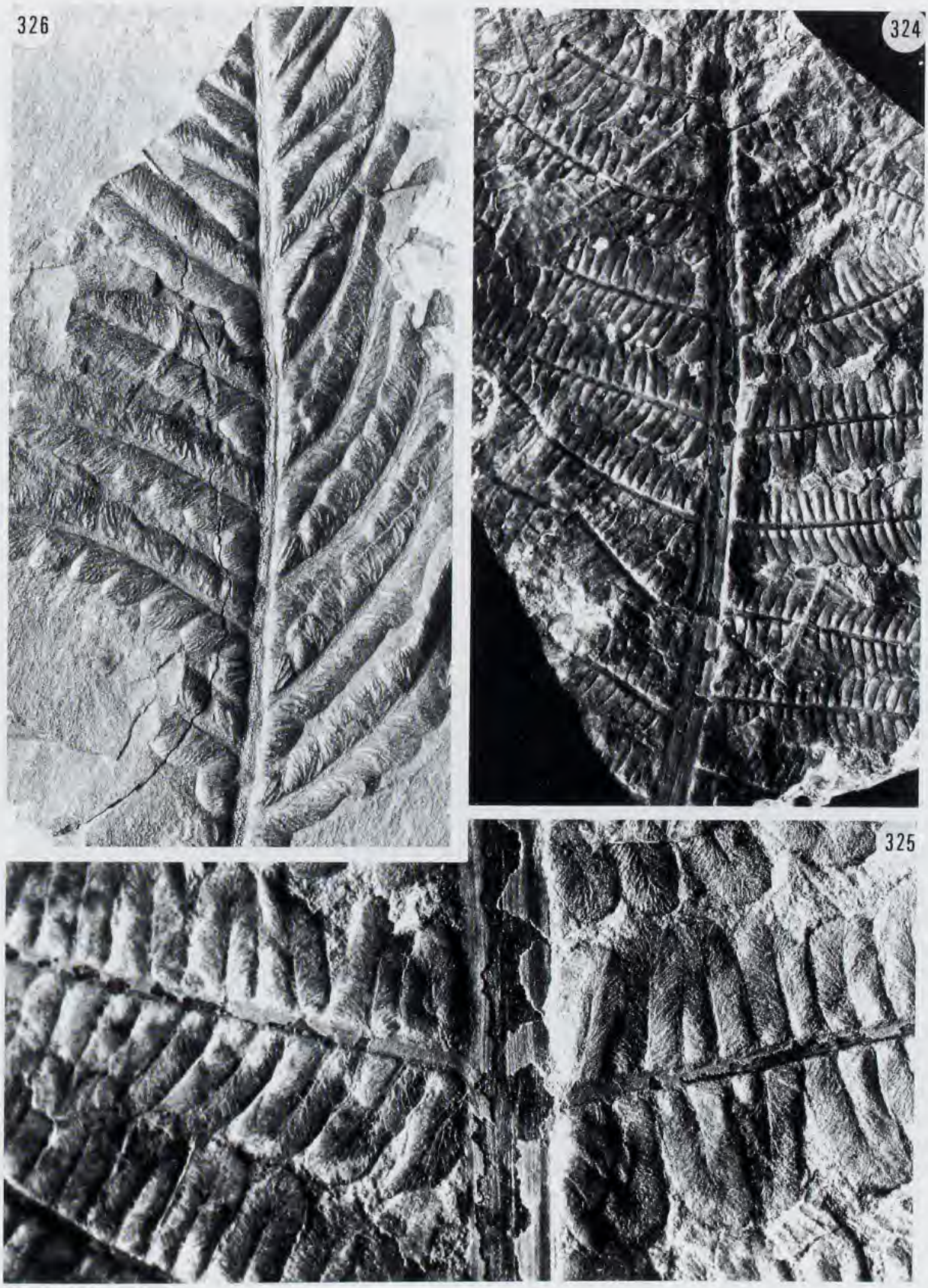


FIG. 324-326. — 324 (× 1), 325, 326 (× 3) : *Callipteridium pteridium* (324, 325 = « *Pecopteris pteroides* » Brongniart).

Source : MNHN, Paris

Ordre des Peltaspermales

Ptéridophylles à rapprocher des Peltaspermales

Genre *Autunia* (Krasser) Kerp, 1982

Espèce-type. — *Autunia conferta* (Sternberg, 1826) Kerp, 1988.

Neuropteris, Sternberg, 1826 : I, 4, xvii.
Callipteris, Brongniart, 1849 : 66.

Réflexions sur le genre « *Callipteris* ». — Le genre « *Callipteris* » a été créé par Brongniart (1849) pour désigner différents types de frondes classées auparavant dans les genres *Pecopteris* et *Neuropteris*. Il s'agit de frondes bipinnées dont le caractère commun est d'avoir un rachis « habillé » de pinnules intercalaires fixées entre les pennes de dernier ordre. Environ 135 espèces furent, par la suite, attribuées au genre *Callipteris* dont la position systématique restait toutefois incertaine.

Les différentes espèces de « *Callipteris* » constituent l'une des composantes principales des flores du Permien inférieur continental — Autunien et Rotliegende — euraméricain. Leur première apparition, plus particulièrement celle de « *Callipteris conferta* » fut longtemps considérée par les stratigraphes comme le signal de la limite Carbonifère/Permien (Jongmans, 1928 ; Jongmans & Gothan, 1937). Mais depuis quelques décennies, des « *Callipteris* » ont été récoltés en divers endroits, dans les assises terminales du Carbonifère en Bohême par Setlik (1951) et Havlena (1971), en Ukraine, dans le bassin du Donetz, par Shchegolev (1965), en France, dans les bassins de Blanzy-Montceau (Doubinger *et al.*, 1979), de Decize (Primey & Farjanel, 1989) et dans le bassin de Saint-Étienne, stratotype du Stéphanien (Doubinger *et al.*, 1976).

L'étude systématique de la macroflore du Rotliegende de Sarre-Nahe a conduit Kerp (1982) à redécrire les organes ovulifères désignés comme *Autunia milleryensis* (Renault) Zeiller. Étroitement associés aux feuillages de « *C. conferta* », ces organes présentent également des épidermes foliaires identiques ce qui détermine l'auteur à proposer la substitution du genre naturel *Autunia* au genre « *Callipteris* » du moins pour « *C. conferta* » et *C. naumanni* ». *Autunia* devient ainsi le représentant le plus ancien de la famille des Peltaspermaceae. Ce transfert du genre s'appuie d'autre part sur le fait que *Callipteris* a déjà été utilisé par Bory de Saint-Vincent (1804) pour désigner une fougère actuelle : « *Callipteris* » Brongniart doit être rejeté (homonyme postérieur). Cette question avait déjà été soulevée par H. Potonié (1903, I, 13, note infrapaginale : 1-2) et éludée, un fossile ne pouvant être confondu avec une plante actuelle. À propos du genre « *Callipteris* » Brongniart, Gothan (*in* H. Potonié, 1907, V, 84 : 1) écarte également le problème : il cite Engler-Prantl, (1902, I, 4 : 497) qui met *Callipteris* Bory 1804 en synonymie avec *Diplazium* Sw. Kerp et Haubold (1988a), se référant néanmoins au caractère illégitime du nom « *Callipteris* », proposent un reclassement des espèces qui ne peuvent être attribuées à *Autunia*, dans cinq genres de forme : *Rhachiphyllum*, *Lodevia*, *Sphenocallipteris*, *Dichophyllum*, *Arnhardtia*. Trois de ces genres de forme, *Lodevia*, *Dichophyllum*, *Arnhardtia*, sont représentés dans le bassin de Saint-Étienne.

Le travail de Kerp et Haubold paraît cohérent mais demande d'exclure des listes paléobotaniques le genre « *Callipteris* » dont le rôle a été primordial comme repère stratigraphique. Nous avons tenu à souligner ici la présence dans le Stéphanien du morphe « *Callipteris conferta* », compte tenu des fragments stériles qui ont été récoltés dans le bassin de Saint-Étienne.

Source : MNHN, Paris

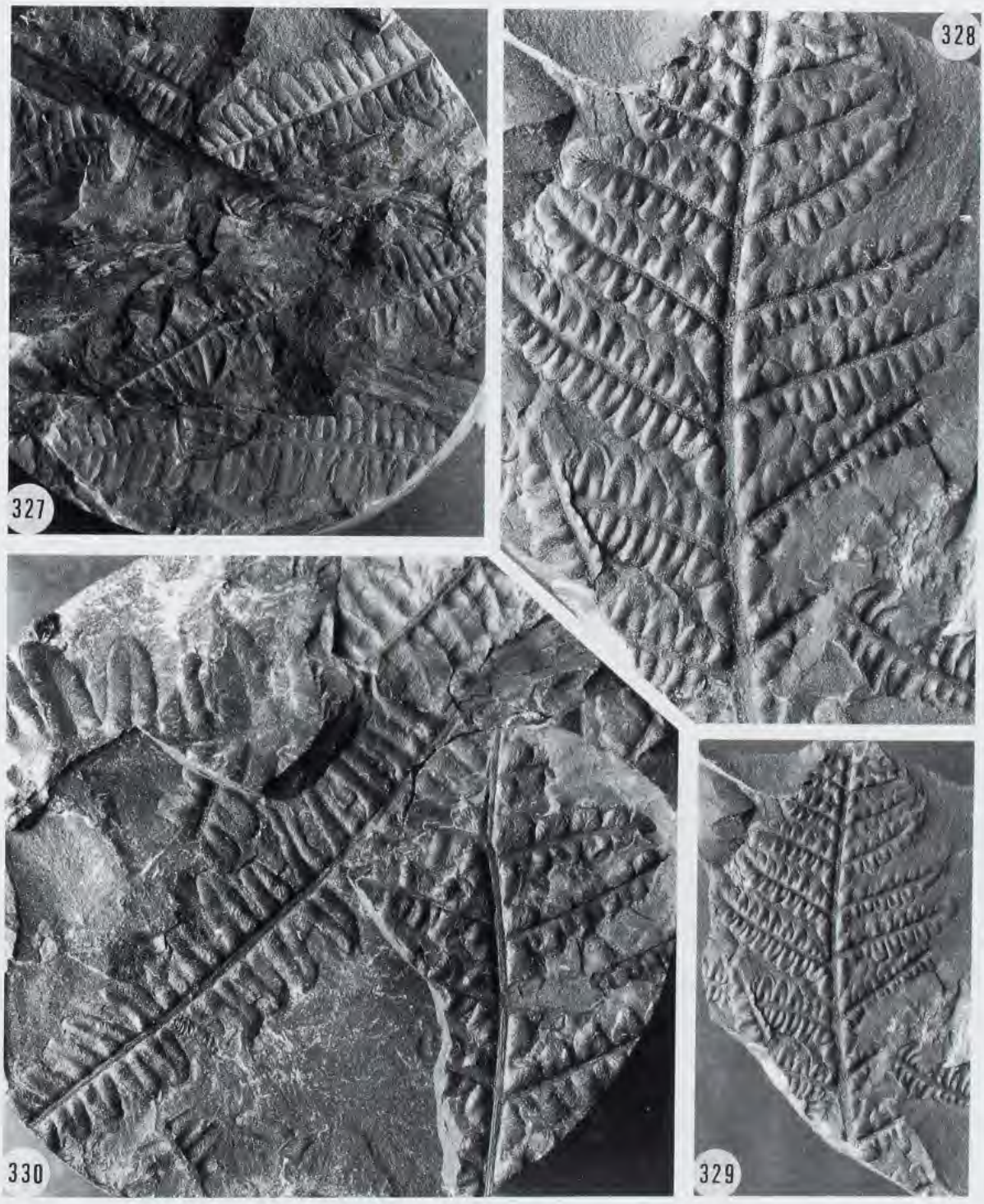


FIG. 327-330. — 327, 329 (× 1), 328, 330 (× 2) : *Callipteridium rotundifolium* Doubinger, n. sp. (328, 329 : type).

Source : MNHN, Paris

Autunia conferta (Sternberg) Kerp, 1988
Fig. 331, 332

Neuropteris conferta, STERNBERG, 2, 1833 : 75, pl. 22 (5).
Callipteris conferta, BRONGNIART, 1849 : 66.
Callipteris conferta, ZEILLER, 1890 : 87, pl. 5 (3).
Callipteris conferta, GOTHAN *in* POTONIÉ, 5, 1907, n° 85, 1-9.
Autunia conferta (Sternberg), KERP, 1988 : 258-305, pl. 1-25.

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 605, sondage Maison de la Culture (Jardin des Plantes). Les frondes pouvaient atteindre 80 cm de longueur. Pennes subopposées et alternes, insérés sur le rachis sous un angle de 30-60° ; en cas de dichotomie apicale l'angle des pennes apicales est de 30 à 45°. Le rachis primaire a une largeur de 18 à 5 mm de la base vers le sommet ; des pinnules intercalaires couvrent une grande surface du rachis primaire ; longueur des pennes : 35 à 20 cm. Pinnules très polymorphes entières, lobées ou pinnatifides, très décurrentes sur le rachis. Nervure médiane décurrente sur le rachis, nette jusqu'au sommet de la pinnule ; nervures secondaires légèrement arquées vers les bords, simples, rarement une seule fois divisées, nervures issues directement du rachis dans la partie décurrente des pinnules.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur, Autunien d'Europe.

Genre *ARNHARDTIA* Haubold et Kerp, 1988

ESPÈCE-TYPE. — ***Sphenopteris mouretii*** Zeiller, 1892.

Arnhardtia, HAUBOLD & KERP, 1988 : 147.

Arnhardtia cf. ***mouretii*** (Zeiller) Haubold et Kerp, 1988

Sphenopteris « moureti », ZEILLER, 1892 : 6, pl. 1 (3).
Arhnardtia mouretii (Zeiller), HAUBOLD & KERP, 1988 : 871.

Pinnules formées de 1, 3 ou 5 segments élargis en massues à leurs extrémités ; pinnules basilaires des pennes de dernier ordre plus grandes et plus divisées ; pinnules intercalaires semblables aux pinnules normales.

Un échantillon fragmentaire provenant du S. 5 à 1209,45 m (toit de la 3e Beaubrun) a été rapporté à cette espèce mais non figuré.

A. mouretii est proche de *A. scheibei* (Gothan) Haubold et Kerp.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur et Permien inférieur de France et d'Allemagne.

Genre *DICHOPHYLLUM* Elias *ex* Andrews, 1941

ESPÈCE-TYPE. — *Dichophyllum moorei* Elias *ex* Andrews, 1941.

Dichophyllum, ANDREWS, 1941 : 375, pl. 13-15.

Source : MNHN, Paris

Dichophyllum flabelliferum (Weiss) Kerp et Haubold, 1988c.
Fig. 333

Schizopteris flabellifera, Weiss, 1879 : 19, pl. 11 (1).
Dichophyllum « flabellifera » (Weiss), Kerp & Haubold, 1988c : 871, pl. 2 (1-2).

Matériel figuré. — SEM 603, Crue des Littes, S.5 à 1025 m. *Dichophyllum flabelliferum* se caractérise par des pinnules relativement longues formées généralement de 3 à 5 segments linéaires soudés vers leur base ; pinnules intercalaires de même type fixées sur le rachis entre les pennes de dernier ordre. Cet échantillon est mentionné dans la note Doubinger *et al.* (1976) sous le nom de « *Callipteris* cf. *lyratifolia* ». Cette détermination provisoire est corrigée dans la présente révision.

Répartition géographique et stratigraphique. — Carbonifère terminal et Permien inférieur des U.S.A. et d'Europe.

Genre *Lodevia* Haubold et Kerp, 1988

Espèce-type. — ***Lodevia nicklesii*** (Zeiller) Haubold et Kerp, 1988c.
Lodevia, Haubold & Kerp, 1988 : 146.

Lodevia nicklesii (Zeiller) Haubold et Kerp, 1988c.
Fig. 334, 335

Callipteris « nicklesi », Zeiller, 1898 : 46, pl. 4 (2, 4).
Lodevia nicklesii (Zeiller), Haubold & Kerp, 1988c : 146, 147.
Lodevia nicklesii, Kerp & Haubold, 1988c : 871, pl. 1 (6).

Matériel figuré. — SEM 604, toit 3^{c} Beaubrun (Sainte-Marie Bouchage). Pinnules très décurrentes formées de segments linéaires soudés les uns aux autres sur la plus grande partie de leur longueur ; pinnules intercalaires naissant directement du rachis entre les insertions des pennes de dernier ordre, de même type que les pinnules normales.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien supérieur et Permien inférieur de France et d'Allemagne.

Classe des *Cycadopsida*

Ordre des Cycadales

Ptéridophylles à rapprocher des Cycadales

Genre *Taeniopteris* Brongniart, 1828

Espèce-type. — ***Taeniopteris vittata*** Brongniart, 1832.
Taeniopteris, Brongniart, 1832 : 263, pl. 82, fig. 1-4.

Source : MNHN, Paris

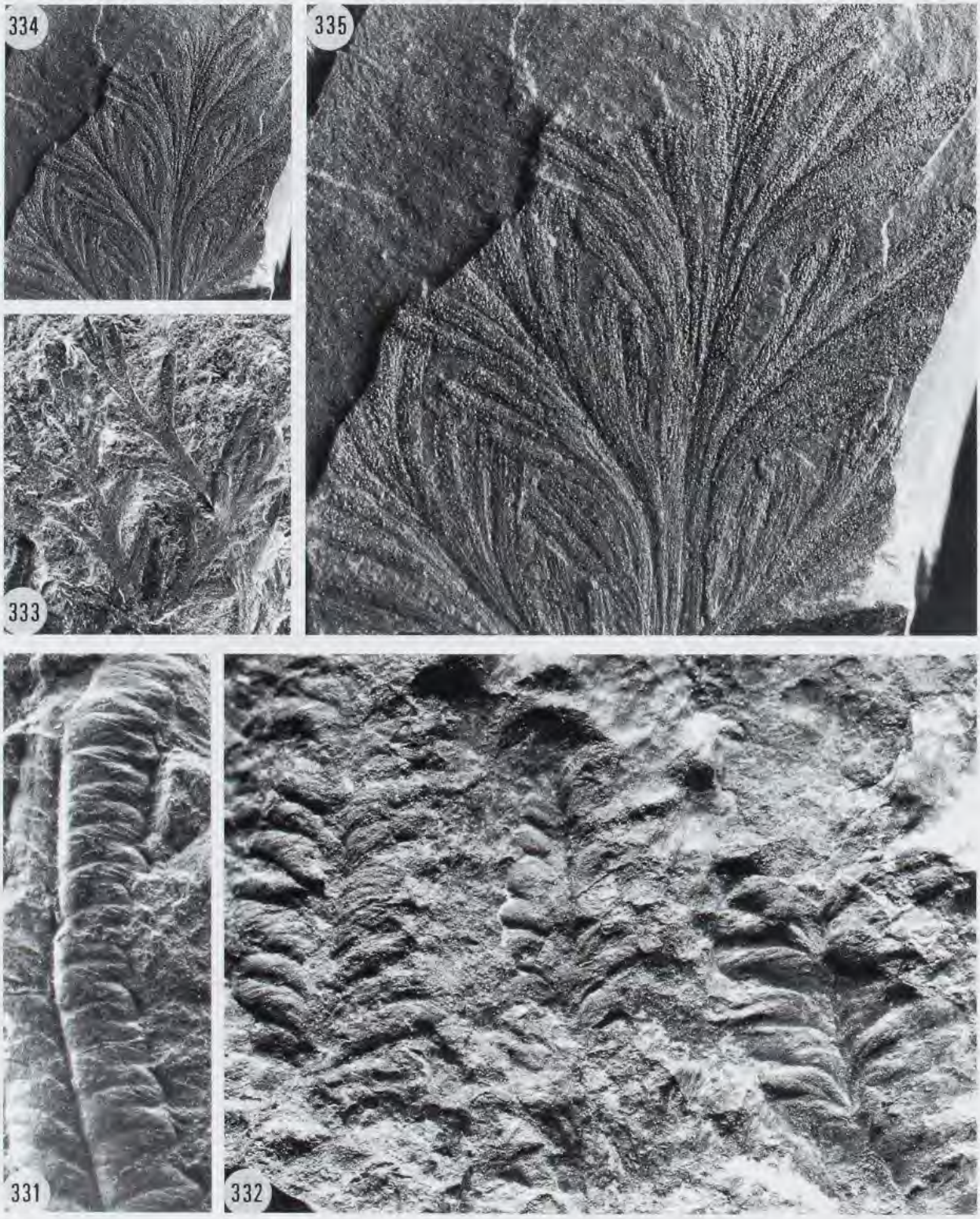


FIG. 331-335. — 331, 332 (× 3) : *Autunia conferta* (Sternberg) Kerp ; 333 (× 3) : *Dichophyllum flabelliferum* (Weiss) Kerp et Haubold ; 334 (× 3), 335 (× 6) : *Lodevia nicklesii* (Zeiller) Haubold et Kerp.

Source : MNHN, Paris

Taeniopteris abnormis Gutbier, 1835
Fig. 336

Taeniopteris abnormis, GUTBIER, 1835 : 73.
Taeniopteris abnormis, GUTBIER, 1849 : 17, pl. 7, fig 1-2.
Taeniopteris abnormis, HALLE, 1927 : 143, fig. 1.
Taeniopteris abnormis, DOUBINGER, 1956 : 131-132, fig. 19 B.
Taeniopteris abnormis, BARTHEL, 1976 : 101-102, pl. 38 (1-5).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8390, faisceau des Littes (Formation de couronnement : puits de la Vogue). Pennes primaires simples, linéaires, graduellement rétrécies vers la base et vers le sommet, de dimensions très variables, pouvant atteindre 40 cm de longueur et une largeur de 12 à 15 cm ; nervure médiane relativement mince, ce qui, avec une plus grande largeur des pennes, distinguerait *Taeniopteris abnormis* de *Taeniopteris multinervis*. Nervures secondaires à peine incurvées à la base, autre caractère distinctif de l'espèce, et se dirigeant normalement vers les bords du limbe après une ou deux divisions près de leur base.

REMARQUE. — Pour certains auteurs (ZEILLER, 1894 ; CARPENTIER, 1932b), *T. multinervis* et *T. abnormis* appartiendraient à la même espèce. *T. multinervis* tomberait dans ce cas en synonymie avec *T. abnormis* (BARTHEL *in* HAUBOLD *et al.*, 1982).

À Saint-Étienne, GRAND'EURY (1877) a découvert ce *Taeniopteris* à 240 m de profondeur au puits de la Vogue (« des feuilles remarquables de 0,05 à 0,10 m de large »). Il ne cite aucun autre point de récolte, alors que pour chaque fossile décrit dans son ouvrage, il énumère tous les lieux d'observation. On est donc fondé à penser que le niveau 240 m du puits de la Vogue a été le seul endroit du bassin de Saint-Étienne où GRAND'EURY ait récolté *Taeniopteris abnormis*.

Il est donc extrêmement probable que l'échantillon MNHN 8390 provienne de ce même niveau. Cela est d'autant plus intéressant que GRUNER (1882, 2 : 278, fig. 18) en a donné la position stratigraphique avec précision, à savoir dans les grès rouges et verts situés immédiatement sous le terrain rouge, c'est-à-dire dans les couches appartenant à la Formation de couronnement, et probablement à sa moitié supérieure.

Notons enfin que RENAULT (1896 : 2, fig. 1) figure un *T. multinervis* provenant de Saint-Étienne, mais sans donner aucune précision de lieu. Les sondages de 1955-1961, nous ont livré quelques échantillons supplémentaires.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien supérieur, Autunien d'Europe.

Taeniopteris jejunata Grand'Eury, 1877 emend. Doubinger et Vetter, 1959
Fig. 338-339

Taeniopteris jejunata, GRAND'EURY, 1877 : 121.
Taeniopteris jejunata, ZEILLER, 1884 : 137, pl. 9 (2, 2A).
Taeniopteris jejunata, DOUBINGER & VETTER, 1959 : 933-934, pl. 44, fig. 2.
Taeniopteris jejunata, VETTER, 1964 : 127-128, fig. 28, pl. 41 (2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 501a, faisceau des Littes ? (sond. 190) dans le T.B. des Combes. Pennes primaires (ou frondes) pinnées ou bipinnées, rachis large de 3 à 4 cm, strié longitudinalement. Pinnules de forme oblongues, en fuseau très allongé, rétrécies progressivement vers la base et vers le sommet, pédicellées, longues de 8 à 15 cm ; leur plus grande largeur peut atteindre 14 mm. Nervation nette, très caractéristique : nervure médiane large de 1 mm environ, nette jusqu'au sommet des pinnules ; nervures secondaires naissant sous des angles aigus puis se divisant près de la base en deux branches d'abord rapidement arquées puis rectilignes et parallèles, le plus souvent simples, rarement

Source : MNHN, Paris

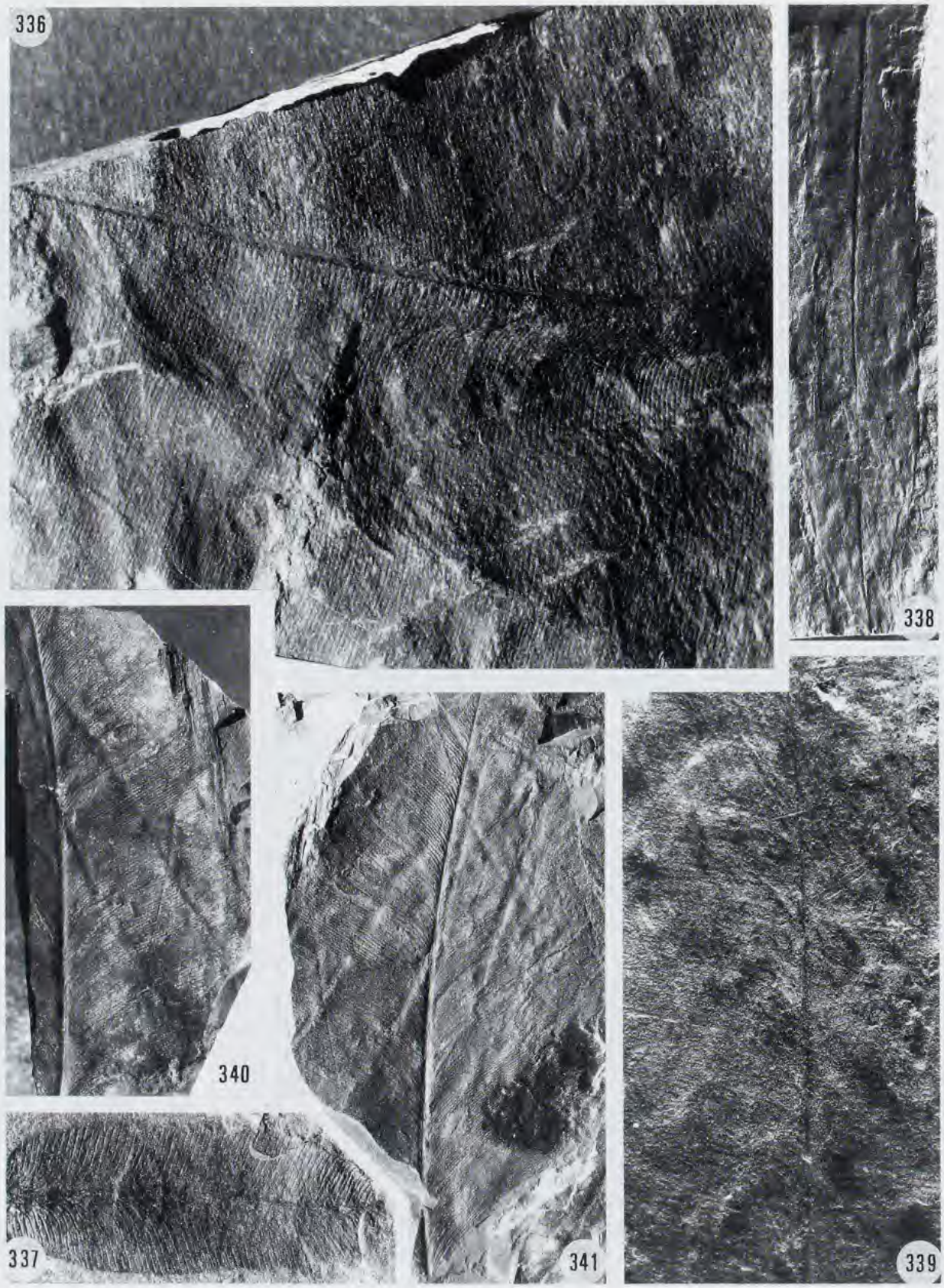


FIG. 336-341. — 336 (× 2) : *Taeniopteris abnormis* Gutbier ; 337 (× 2) : *Taeniopteris tenuis* Doubinger & Vetter ; 338 (× 1), 339 (× 3) : *Taeniopteris jejunata Grand'Eury* ; 340, 341 (× 1) : *Lesleya* sp.

Source : MNHN, Paris

une fois divisées, atteignant le bord du limbe sous un angle de 100° environ. Densité nervuraire : 12 à 20 par cm.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien d'Europe.

Taeniopteris tenuis Doubinger et Vetter, 1959 *non* Abbado, 1900.
Fig. 337

Taeniopteris tenuis, DOUBINGER & VETTER, 1959 : 935-937, fig. 2, pl. 43 (4-5), 44 (1, 2, 5).
Taeniopteris tenuis, VETTER, 1968 : 128-129, fig. 29, pl. 41 (1, 3, 6), 46 (16).

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 507, la Talaudière (la Chazotte). Pennes primaires pinnées ou bipinnées, rachis strié longitudinalement, pinnules échancrées à la base et attachées au rachis par un point ; pinnule terminale de la penne longue de 4 cm et large de 8 à 9 mm ; pinnules moyennes : L = 6 à 7 cm, l = 1,5 cm ; pinnules inférieures : L = 10 à 15 cm, l = 2 à 3,5 cm. Nervure médiane nette jusqu'au sommet de la pinnule, nervures secondaires généralement deux fois divisées en quatre nervures parallèles atteignant normalement le bord du limbe. Sur les plus grandes pinnules, 3 à 4 dichotomies nervuraires possibles. Densité nervuraire : 28 à 36 par cm.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien du Massif Central français.

Genre *LESLEYA* Lesquereux, 1880

ESPÈCE-TYPE. — ***Lesleya grandis*** Lesquereux, 1880.
Lesleya, LESQUEREUX, 1880 : 143, pl. 25, fig. 1-3.

Pennes simples, ovales-lancéolées, à bords entiers ou très finement dentelés, parfois lacérées suivant les nervures. Nervure médiane très forte se divisant en nervules avant d'atteindre le sommet ; nervures secondaires nombreuses, se détachant de la nervure médiane sous des angles assez aigus, droites ou arquées près de leur base, plusieurs fois bifurquées, atteignant obliquement le bord du limbe.

Plusieurs espèces appartenant à ce genre ont été décrites.

Récemment, LEARY (1990) a présenté une portion fertile de *Lesleya* découverte dans le Pennsylvanien de l'Illinois. Ce fragment fructifié serait semblable à *Phasmotocycas kansana* Mamay interprété comme une forme ancestrale de Cycadale.

Lesleya sp.
Fig. 340, 341

MATÉRIEL FIGURÉ. — SEM 511, mur 7^{e} Gruner (sond. E 8). Nous ne disposons que d'un seul exemplaire qui n'a pu être attribué à aucune espèce en raison de son caractère fragmentaire. Il serait proche de *Lesleya delafondii* Zeiller.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — GRAND'EURY (1900b) cite *Lesleya* sp. dans la brèche de base, sous le faisceau de Rive de Gier.

Source : MNHN, Paris

Incertae sedis

Genre *Dolerophyllum* Saporta, 1878

Espèce-type. — ***Dolerophyllum goeppertii*** (Eichwald) Saporta, 1878.

Dolerophyllum, Saporta, 1878 : 872.

Dolerophyllum pseudopeltatum (Grand'Eury) Renault, 1890
Fig. 234

Doleropteris « pseudo-peltata », Grand'Eury, 1877 : 195, pl. 16 C, E.
Dolerophyllum « pseudo-peltatum » (Grand'Eury), Renault, 1890 : 556, pl. 17 (8, 9), pl. 18 (1a).

Matériel figuré. — SEM 546, faisceau de Beaubrun. Feuilles circulaires, entières ou lobées, de grandes dimensions, sessiles, quelquefois fissurées, à limbe épais et charnu. Nervures très nettes, accompagnées de filaments sinueux noirs et brillants.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien du Massif Central français.

Classe des Cordaitopsida

Ordre des Cordaïtales

Racines

Genre *Amyelon* Williamson, 1874

Espèce-type. — ***Amyelon radicans*** Williamson, 1874.

Amyelon, Williamson 1874 : 67-68.

Amyelon sp.
Fig. 342

Cordaites, Renault 1879 : 294-295, pl. 15 (13-17).
Radiculites reticulatus, Lignier, 1906 : 193, fig. 1-3.
Amyelon sp., Carpentier, 1932 : 8-10, pl. 3 (1-4), pl. 4.

Matériel figuré. — MNHN, coll. Grand'Eury, lame 5.

Remarque. — Des racines de diamètre très différent (plusieurs centimètres à moins de 1 mm) sont assez fréquentes dans les silex de Grand'Croix. Elles représentent parfois le composant unique des végétaux fossilisés ; dans d'autres cas, il s'agit de très petites racines mêlées à des débris divers et qui paraissent pénétrer des organes en cours de décomposition : l'ensemble suggère la fossilisation *in situ* d une litière. Lignier (1906) avait d'abord interprété ces racines comme affines des Taxodiaceae avant d'admettre leur appartenance aux Cordaitales (Lignier, 1911).

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix).

Source : MNHN, Paris

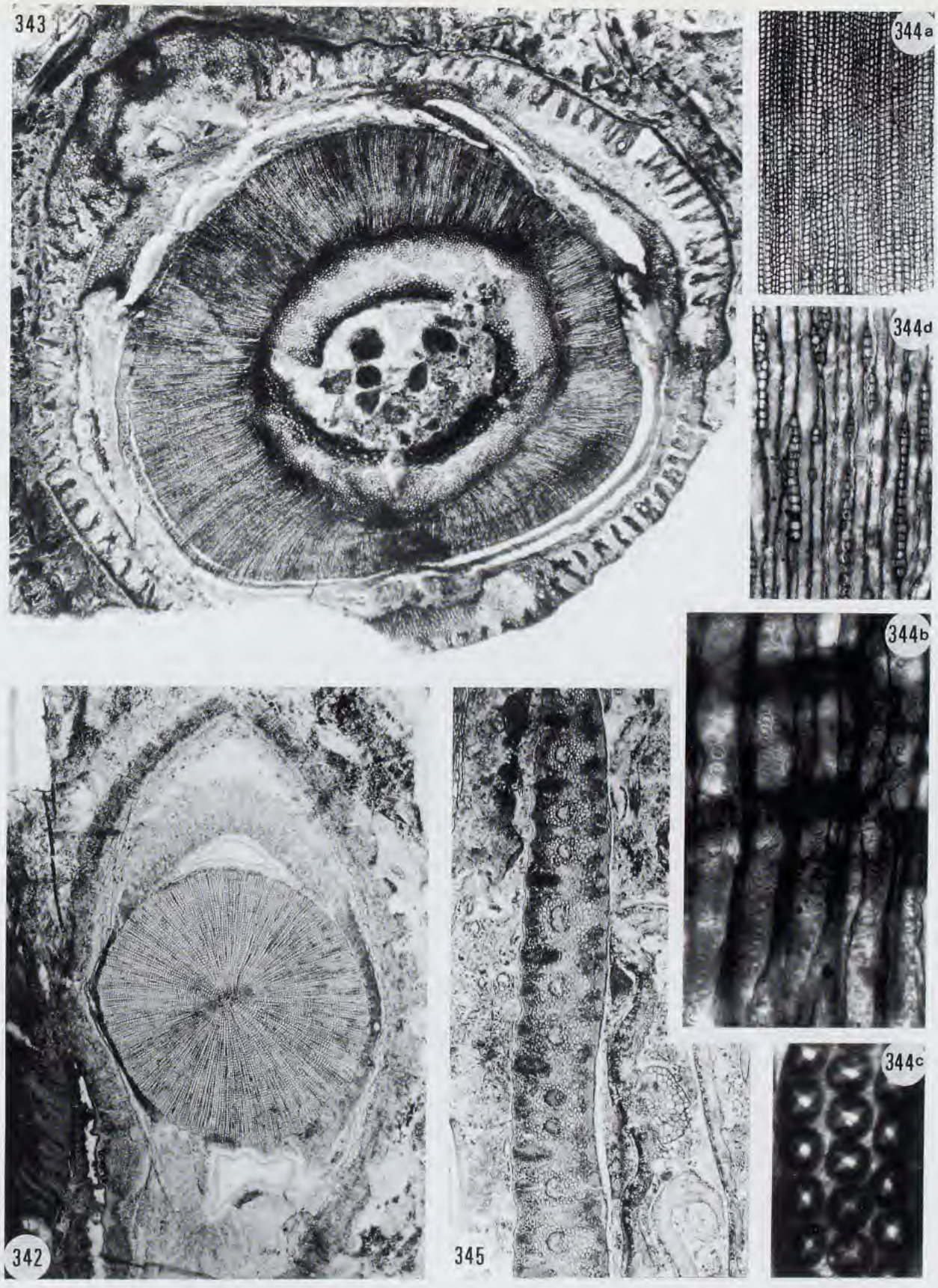


FIG. 342-345. — 342 (× 6) : *Amyelon* sp., coupe transversale ; 343 (× 8) : *Cordaixylon* sp., jeune tige, section transversale ; 344 : *Dadoxylon* cf. *brandlingii*, bois secondaire, a (× 15) : section transversale, b (× 150), c (× 250) : section radiale, d (× 45) : section tangentielle ; 345 (× 17) : *Cordaites crassus*, feuille, section transversale.

FIGS. 342-345. — 342 (× 6): Amyelon *sp., transverse section; 343 (× 8):* Cordaixylon *sp., young stem, transverse section; 344:* Dadoxylon *cf.* brandlingii, *secondary wood, a (× 15): transverse section, b (× 150), c (× 250): radial section; d (× 45): tangential section; 345 (× 17):* Cordaites crassus, *leave, transverse section.*

Source : MNHN, Paris

Troncs, tiges, moelle

Genre *Cordaixylon* Grand'Eury, 1877 emend. Rothwell et Warner, 1984

Espèce-type. — Non désignée.

Cordaixylon, Grand'Eury, 1877 : 257.

Tige eustélique à grande moelle septée, bordée par un petit nombre de faisceaux vasculaires primaires séparés : la vascularisation primaire est donc comparable à celle des Conifères modernes. Xylème secondaire de type « cordaixyloïde » dont les parois radiales des trachéides sont couvertes, sur toute leur largeur, par les ponctuations aréolées pluriséries (fig. 344 b, c).

Cf. *Cordaixylon* Grand'Eury, 1877
Fig. 343

Cordaixylon, Grand'Eury, 1877 : 257.
Cordaites, Renault, 1879 : 285-294, pl. 15 (1-11).
Cordaixylon, Rothwell & Warner, 1984 : 277.

Matériel figuré. — MNHN, coll. Renault, lame 964, b. 43.

Remarque. — La taxonomie des tiges de *Cordaites* à structure anatomique conservée est particulièrement confuse et nous n'essayons pas de la régler ici. Le premier nom de genre effectivement publié pour ces tiges est *Cordaixylon* Grand'Eury, malheureusement cet auteur n'a désigné aucune espèce-type et ses figures sont peu utilisables. La première description précise est due à Renault (1879) pour des rameaux désignés comme *Cordaites*. D'autre noms (*Cordaioxylon* Felix emend. Lepekhina et *Pennsylvanioxylon* Vogellehner) ont été proposés pour des tiges à xylème primaire endarche, comme celle de Grand'Croix ; ils sont considérés comme des synonymes de *Cordaixylon* par Rothwell et Warner (1984) qui donnent une nouvelle diagnose du genre et désignent une espèce-type, *C. dumusum*, fondée sur du matériel du Pennsylvanien de l'Ohio.

L'étude en cours des tiges de *Cordaites* de Grand'Croix suggère que plusieurs types (? genres) existaient. Nous figurons un exemple de rameau semblable à ceux qui ont été illustrés par Renault.

Perminéralisation.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix).

Genre *Dadoxylon* Endlicher, 1847

Espèce-type. — ***Dadoxylon brandlingii*** (Lindley et Hutton) Endlicher, 1847.

Dadoxylon, Endlicher, 1847 : 35.

Dadoxylon cf. brandlingii (Lindley et Hutton) Endlicher, 1847
Fig. 344 a-d

Pinites brandlingi, Lindley & Hutton, 1830, pl. I, fig. 1.
Dadoxylon brandlingii (Lindley & Hutton, 1830), Frentzen, 1931 : 10.

Matériel figuré. — Lames MNHN — LMG, A, B, C.

Correspond à des bois silicifiés dépourvus de moelle et de xylème primaire ; ce sont des fragments de troncs ou de branches qui peuvent appartenir au genre *Cordaixylon*, ce qui reste difficile à démontrer (fig. 344 a).

Source : MNHN, Paris

Nous illustrons les deux plans longitudinaux de ce type de bois (sections réalisées sur un des échantillons collectés sur le terrain à Saint-Priest en 1989). Dans la lame radiale, on observe des ponctuations aréolées « caractéristiques », à ouvertures croisées de type cordaixyloïde couvrant toute la largeur de la paroi des fibres trachéides (fig. 344 b, c). Dans le plan tangentiel, les rayons apparaissent tous homogènes et unisériés ou localement bisériés (fig. 344 d). La hauteur varie de 1 à 34 cellules (les plus nombreux comptant 2 à 15 cellules), ce qui est conforme aux valeurs observées pour l'espèce *D. brandlingii*. Cette espèce avait d'ailleurs déjà été signalée par GRAND'EURY (1877 : 264) pour des échantillons de Montraynaud où nous avons précisément collecté le spécimen décrit ici. LEMOIGNE (1966) mentionne un *Dadoxylon* sp. qui pourrait correspondre à *D. brandlingii*. Une analyse quantitative de l'ornementation des parois radiales serait cependant nécessaire pour l'affirmer.

Genre *ARTISIA* Sternberg, 1838

ESPÈCE-TYPE. — ***Artisia transversa*** (Artis) Sternberg, 1838.

Artisia, STERNBERG, 1838 : 192, pl .53, fig. 7-9.

Artisia transversa (Artis) Sternberg, 1838
Fig. 368

Sternbergia transversa, ARTIS, 1825, pl. 8.
Artisia transversa (Artis), STERNBERG, 1838 : 192, pl. 53, fig. 7.
Artisia transversa, GRAND'EURY, 1877 : 247.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8487 (figuré par GRAND'EURY : *A. angulosa* ?).

Compression. Le spécimen retrouvé est à rapprocher de la figure donnée par GRAND'EURY (pl. 28, fig. 7) sous le binôme erroné *A. angulosa* qui ne correspond pas au texte.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien.

ORGANES REPRODUCTEURS FEMELLES

Genre *CARDIOCARPUS* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Cardiocarpus drupaceus*** Brongniart, 1874, désignée dans ce volume.

Cardiocarpus, BRONGNIART, 1874 : 245-246, pl. 21 (1, 2, 4).

REMARQUE. — Comme beaucoup d'autres genres, le genre *Cardiocarpus* a été fondé sur des spécimens connus en empreinte mais utilisés aussi, par la suite, pour des échantillons à structure anatomique conservée. Ce sont des « graines » cordiformes ou réniformes aplaties, plus ou moins échancrées en cœur à la base, à section transversale lenticulaire. En compression, on observe, généralement, une coque ligneuse entourée d'un épisperme charnu.

Le même nom continue à être employé pour les deux types de conservation ; cependant, il est vraisemblable que certains *Cardiocarpus* en empreinte doivent correspondre aux genres anatomiques *Diplotesta* ou *Cyclospermum*.

Source : MNHN, Paris

Cardiocarpus drupaceus Brongniart, 1874
Fig. 251, 252, 346-348

Cardiocarpus drupaceus, BRONGNIART, 1874 : 245-246, pl. 21 (1, 2, 4).
Cardiocarpus drupaceus, GRAND'EURY, 1877 : 237, pl. 26 (23).
Cardiocarpus drupaceus var. ***expansus***, BRONGNIART, 1881 : 45-46, pl. 1 (1-13).
Cardiocarpus drupaceus, BERTRAND, 1908 : 454-457.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2778 et 2788, syntypes (= fig. 1 et 2, pl. 21, BRONGNIART, 1874 et pl. 1, BRONGNIART, 1881), lames 2789 et 2790 (= fig. 3-4 et 5-6, pl. 1, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — Très grand ovule (plus de 40 mm de large et de haut) caractérisé par des téguments épais dont un sarcotesta complexe décrit en détail par BRONGNIART (1881).

C'est l'une des deux espèces décrites initialement par BRONGNIART (1874) qui n'a pas désigné d'espèce-type. Nous proposons de la considérer comme l'espèce-type compte tenu de sa conservation plus complète et de l'illustration très détaillée de BRONGNIART (1881).

Perminéralisation.

N. B. — Première illustration photographique.

REMARQUE. — On retrouve, de façon spectaculaire, cette organisation parmi les nombreuses compressions rapportées aux *Cardiocarpus*. L'échantillon SEM 551 (fig. 251) montre clairement un moulage de l'ovule entouré du tégument (à rapprocher du spécimen perminéralisé de la fig. 346). En empreinte, on observe fréquemment des moulages internes du seul nucelle (fig. 252).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Cardiocarpus orbicularis Brongniart, 1881

Cardiocarpus orbicularis, BRONGNIART, 1881 : 59-60, pl. 7-8.
Cardiocarpus orbicularis, BERTRAND, 1908b : 461-462.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2843-2845 (= fig. 1-4, pl. 8, BRONGNIART, 1881) et lames 2847-2849 (= fig. 1-2, 4-6, pl. 7, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Cette espèce se distingue de *C. drupaceus* par sa taille plus réduite, son sclérotesta plus épais et au contraire son sarcotesta plus mince. Nous ne figurons pas cette espèce à cause de la conservation médiocre des sections.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Cardiocarpus sclerotesta Brongniart, 1874
Fig. 349, 350

Cardiocarpus sclerotesta, BRONGNIART, 1874 : 245, pl. 21 (5-6).
Cardiocarpus sclerotesta, BRONGNIART, 1881 : 20-21, 47-48, pl. 2 (1-10).
Cardiocarpus bigibbosus, BERTRAND, 1908b : 458-459.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2822 (= fig. 1-2, pl. 2, BRONGNIART, 1881), 2823 (= fig. 6, pl. 2) et 2824 (= fig. 4-5, pl. 2, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

Source : MNHN, Paris

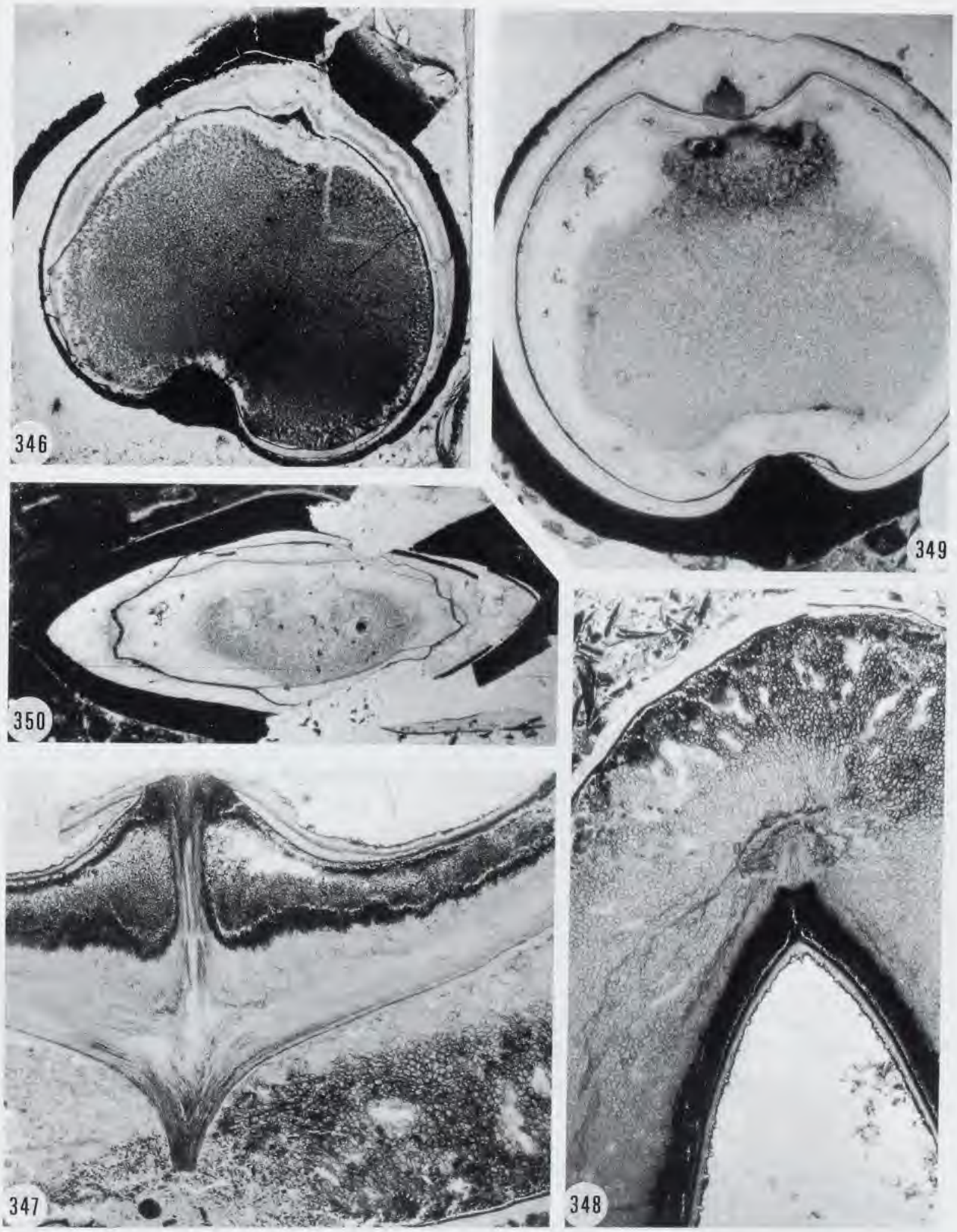


FIG. 346-350. — 346 (× 3), 347, 348 (× 6) : *Cardiocarpus drupaceus* Brongniart : ovule, section longitudinale (346) ; détail de la chalaze et section transversale du tégument (347) ; détail du tégument (348) ; 349, 350 (× 6) : *Cardiocarpus sclerotesta* Brongniart ; ovule, sections longitudinale et transversale.

FIGS. 346-350. — 346 (× 3), 347, 348 (× 6) Cardiocarpus drupaceus *Brongniart: ovule, longitudinal section (346); detail of the chalaza and transverse section of the tegument (347); detail of the tegument (348); 349, 350 (× 6):* Cardiocarpus sclerotesta *Brongniart: ovule, longitudinal and transverse sections.*

Source : MNHN, Paris

DESCRIPTION. — Cette espèce a été distinguée dès l'origine par BRONGNIART pour ses dimensions (hauteur et largeur environ 16 mm) bien inférieures à celles de *C. drupaceus* et pour ses téguments moins complexes formés surtout d'un sclérotesta. En fait, il est vraisemblable que le sarcotesta n'a pas été conservé. Les sections figurées initialement par BRONGNIART (1874) n'ont pas été identifiées avec certitude.

Perminéralisation.

N. B. — Première illustration photographique.

REMARQUE. — BERTRAND (1908) a proposé de séparer (*C. bigibbosus*) un spécimen de *C. sclerotesta* figuré par BRONGNIART (1881, pl. 2, fig. 8-10) compte tenu de sa forme et de sa taille légèrement supérieure mais aucune préparation n'a été réalisée et donc aucun détail anatomique n'est susceptible de valider cette espèce que nous laissons en synonymie avec *C. sclerotesta*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Genre *CYCLOSPERMUM* Seward, 1917

ESPÈCE-TYPE. — ***Cyclospermum tenue*** (Brongniart) Seward, 1917.

Cyclospermum, SEWARD, 1917 : 341.

Les *Cyclospermum* se distinguent des *Cardiocarpus* par leur forme (hauteur supérieure à leur largeur) et leur vascularisation chalazienne (faisceaux récurrents comme chez *Diplotesta*). La différence avec ce dernier genre est surtout l'absence de « botryons » dans le tégument basal.

Cyclospermum nummulare (Brongniart) Seward, 1917

Fig. 351

Cyclocarpus nummularis, BRONGNIART, 1881 : 51-52, pl. 4 (1-7).
Cyclospermum « nummularis » (Brongniart), SEWARD, 1917 : 340-341.
Cyclocarpus nummularis, STIDD & COSENTINO, 1976 : 242-249, fig. 23, 25.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2699, b. 127, = lectotype.

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

Perminéralisation.

REMARQUE. — Les ovules de *C. nummulare*, d'abord rapportés au genre *Cyclocarpus*, ont été séparés par SEWARD dans le genre *Cyclospermum* réservé aux ovules conservés anatomiquement. Il est à noter toutefois que le genre *Cyclocarpus* réservé aux compressions semble très peu utilisé.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Cyclospermum tenue (Brongniart) Seward, 1917

Cardiocarpus tenuis, BRONGNIART, 1881 : 53-54, pl. 5 (1-9).
Cyclocarpus tenuis, BERTRAND, 1908 : 454.
Cyclospermum « tenuis » (Brongniart), SEWARD, 1917 : 340-341.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2852 (= fig. 1-2), 2853 (= fig. 4) et 2854 (= fig. 6, pl. 5, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

Source : MNHN, Paris

REMARQUE. — Compte tenu de sa vascularisation chalazienne à faisceaux récurrents, cette espèce a été, à juste titre, séparée (BERTRAND, 1908) des *Cardiocarpus* qui ont des faisceaux non récurrents, puis rapportée au genre *Cyclospermum* par SEWARD. Malheureusement, elle est fondée sur des échantillons très incomplets et dont le sarcotesta n'est pas conservé. La distinction entre les deux espèces *C. nummulare* et *C. tenue* n'est pas clairement établie.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Genre *DIPLOTESTA* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Diplotesta grand'euryana*** Brongniart, 1874.

Diplotesta, COOKSON & EISENACK, 1960 : 256, pl. 39, fig. 4-6.

Diplotesta avellana (Brongniart) Bertrand, 1907

Fig. 352, 354

Sarcotaxus avellanus, BRONGNIART, 1874 : 248.
Sarcotaxus avellana, BRONGNIART, 1881 : 73-75, pl. 13 (1-19).
Diplotesta avellana (Brongniart), BERTRAND, 1907b : 389-402.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2922, 2923, 2925-2928 (= fig. 2-7, pl. 13, BRONGNIART, 1881), 2930 (= fig. 9 et 12) et 2933 (= fig. 17).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Cette espèce a été rapportée au genre par BERTRAND mais les caractères justifiant sa séparation de l'espèce type *D. grand'euryana* sont peu convaincants. Certaines sections montrent toutefois une excellente conservation de la vascularisation chalazienne et de l'endotesta ainsi que la division de la paroi en deux valves ou commissures nettes (fig. 354).

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Diplotesta grandeuryana Brongniart, 1874

Fig. 353

Diplotesta Grand'Euryana, BRONGNIART, 1874 : 247, pl. 21 (12-14).
Diplotesta Grand'Euryi, BRONGNIART, 1881 : 77-78, pl. 14.
Diplotesta grand'euryana, BERTRAND, 1907b : 389-402.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2913 (= fig. 14, BRONGNIART, 1874 et fig. 4, BRONGNIART, 1881), 2914 (= fig. 13, BRONGNIART, 1874 et fig. 6, BRONGNIART, 1881), 2910-2912 (= fig. 1-3, pl. 14, BRONGNIART, 1881).

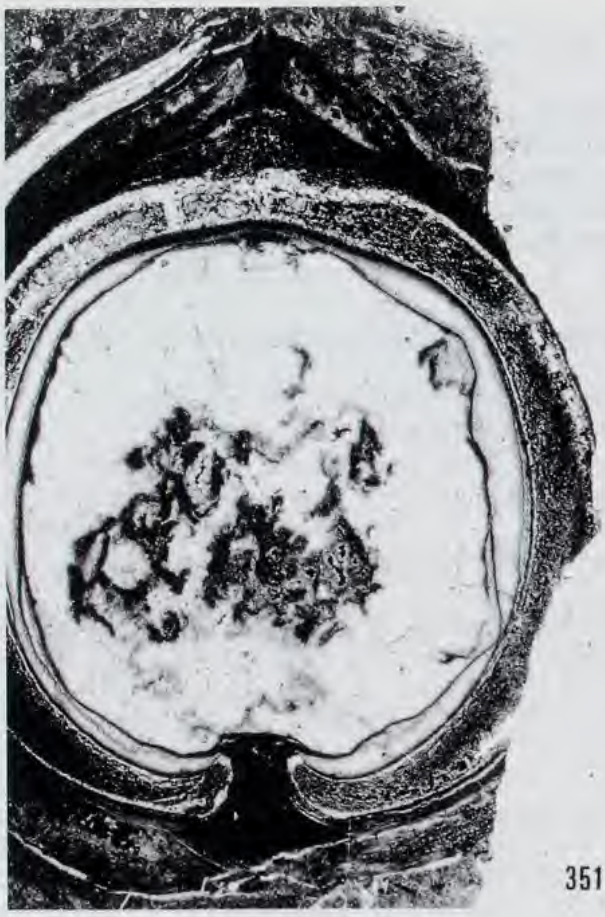
LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — C'est l'espèce type du genre, définie pour des ovules à tégument formé de deux couches d'égale épaisseur. *Diplotesta* se distingue de *Cardiocarpus* par sa vascularisation chalazienne à faisceaux récurrents et par l'organisation de ses téguments qui montrent aussi deux commissures nettes.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Source : MNHN, Paris



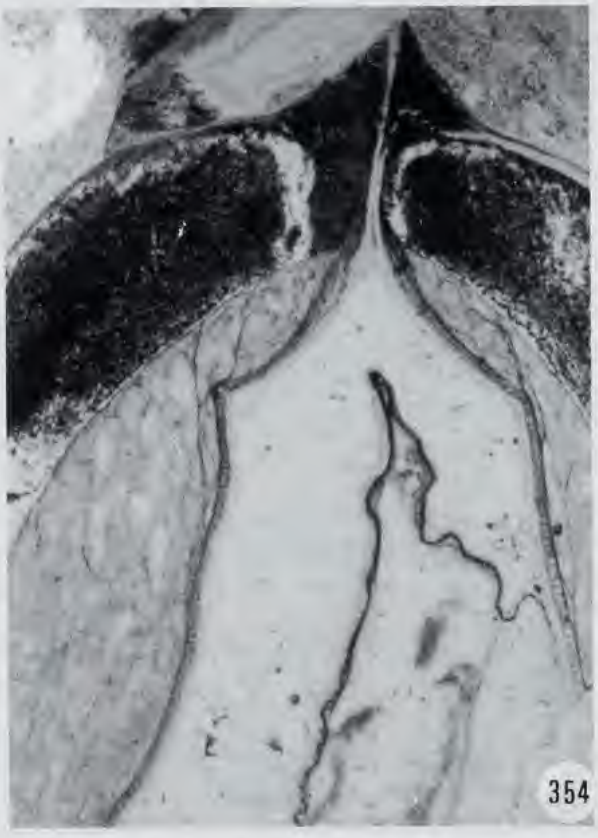


FIG. 351. — *Cyclospermum nummulare* (Brongniart) Seward : ovule, section longitudinale ; Cyclospermum nummulare *(Brongniart) Seward: ovule*, longitudinal section. (× 6).

FIG. 352-354. — 352 (× 6), 354 (× 16) : *Diplotesta avellana* Bertrand : ovule, sections longitudinale et transversale, détail de la testa ; 353 (× 6) *Diplotesta grandeuryana* Brongniart : ovule, section transversale au niveau de la chalaze.

FIGS. 352-354. — 352 (× 6), 354 (× 16): Diplotesta avellana *Bertrand: ovule, longitudinal and transverse sections showing detail of the testa; 353 (× 6)* Diplotesta grandeuryana *Brongniart: ovule transverse section through the chalaza.*

Source : MNHN, Paris

Genre *Leptocaryum* Brongniart, 1874

Espèce-type. — ***Leptocaryum avellanum*** Brongniart, 1874.

Leptocaryum, Brongniart, 1874 : 248, pl. 21, fig. 17.

Leptocaryum avellanum Brongniart, 1874
Fig. 355

Leptocaryum avellanum, Brongniart, 1874 : 248-249, 262, pl. 21 (17).
Leptocaryon « avellana », Brongniart, 1881 : 55-57, pl. 6 (1-12).

Matériel-type. — MNHN, coll. Renault, lames 2946 (lectotype) = fig. 17 Brongniart, 1874 et fig. 4, pl. 6, Brongniart, 1881 ; lames 2941 (fig. 1), 2944 (fig. 2-3) et 2945 (fig. 6-7) de Brongniart, 1881, pl. 6.

Localité-type. — Grand'Croix.

Description. — Cet ovule est caractérisé par un sclérotesta très épais, sans commissures mais au contraire des prolongements latéraux ; le sarcotesta est absent.

Perminéralisation.

Remarque. — Nous avons rétabli l'orthographe originale, plus correcte quant à l'accord de l'épithète spécifique.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien (Grand'Croix).

Genre *Rhabdocarpus* Goeppert et Berger, 1848

Espèce-type. — ***Rhabdocarpus tunicatus*** Goeppert et Berger, 1848.

Rhabdocarpus, Goeppert & Berger *in* Berger, 1848 : 20, pl.1, fig. 8.

Rhabdocarpus sp.
Fig. 253

Remarque — Nous adoptons la proposition de Seward (1917 : 341-344) de restreindre le nom de *Rhabdocarpus* aux ovules en empreintes et d'utiliser celui de *Rhabdospermum* pour les spécimens à structure anatomique conservée. Cela nous amène à proposer ci-dessous deux nouvelles combinaisons orthographiques, *Rhabdospermum conicum* et *R. subtunicatum*, pour deux espèces initialement décrites par Grand'Eury (*in* Brongniart, 1874 : 246-247 et 261).

Dans le matériel en compression examiné, nous figurons le spécimen (SEM 561) qui se rapproche le plus de la définition du genre. On y retrouve l'enveloppe fibreuse d'où ces graines à contour ovoïde ou cordiforme tirent leur appellation générique. La préservation des échantillons est, toutefois, insuffisante pour autoriser une identification spécifique.

Genre *Rhabdospermum* Seward, 1917

Espèce-type. — ***Rhadospermum cyclocaryon*** Seward, 1917.

Rhabdospermum, Seward 1917 : 334, fig. 501C, E.

Le genre *Rhabdospermum* se distingue des *Cardiocarpus* et *Diplotesta* par sa forme plus allongée due à un prolongement apical conique du tégument ; de plus le sarcotesta montre un réseau

Source : MNHN, Paris

de fibres longitudinales très caractéristiques. La vascularisation chalazienne présente des faisceaux récurrents.

Rhabdospermum conicum (Grand'Eury) nov. comb.
Fig. 356

Rhabdocarpus conicus, GRAND'EURY *in* BRONGNIART, 1874 : 246-247, 261, pl. 21 (7-9).
Rhabdocarpus conicus, BRONGNIART, 1881 : 69-70, pl. 11 (1-15).

SEWARD n'a pas transféré cette espèce, l'une des deux initialement et validement décrites par GRAND'EURY (1874).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2856, lectotype (= fig. 8, pl. 21, BRONGNIART, 1874 et fig. 1 et 4, pl. 11, BRONGNIART, 1881), 2860 (= fig. 9, pl. 21, BRONGNIART, 1874) ; 2857-2859 (= fig. 2, 3, 12, pl. 11, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix

DESCRIPTION. — L'espèce *R. conicum* est de forme plus allongée que *R. cyclocaryon* et à tégument moins épais que ceux de *R. subtunicatum*.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Rhabdospermum cyclocaryon (Brongniart) Seward, 1917
Fig. 357

Rhabdocarpus cyclocaryon, BRONGNIART, 1881 : 72, pl. 12 (1-11).
Rhabdospermum cyclocaryon (Brongniart), SEWARD, 1917 : 344-345, fig. 501 C, E.

MATÉRIEL-TYPE. — Syntypes, MNHN, coll. RENAULT, lames 2867 (= fig. 1-2, pl. 12) et 2868 (= fig. 3-4, pl. 12, Brongniart, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — Cet ovule se distingue de *R. conicum* et *R. subtunicatum* par la forme moins allongée du nucelle et du tégument.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Rhabdospermum subtunicatum (Grand'Eury) nov. comb.
Fig. 358

Rhadocarpus subtunicatus, GRAND'EURY *in* BRONGNIART, 1874 : 246-247, 261, pl. 21 (10-11).
Rhabdocarpus subtunicatus, BRONGNIART, 1881 : 63-67, pl. 9-10.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2872-2875 (= fig. 1-7, pl. 9, BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — Cet ovule est de forme et de dimensions (hauteur 30-35 mm, largeur 16-18 mm, épaisseur 12-15 mm) très semblables à *R. conicum* ; il s'en distingue par son tégument plus épais mais moins allongé apicalement.

Source : MNHN, Paris

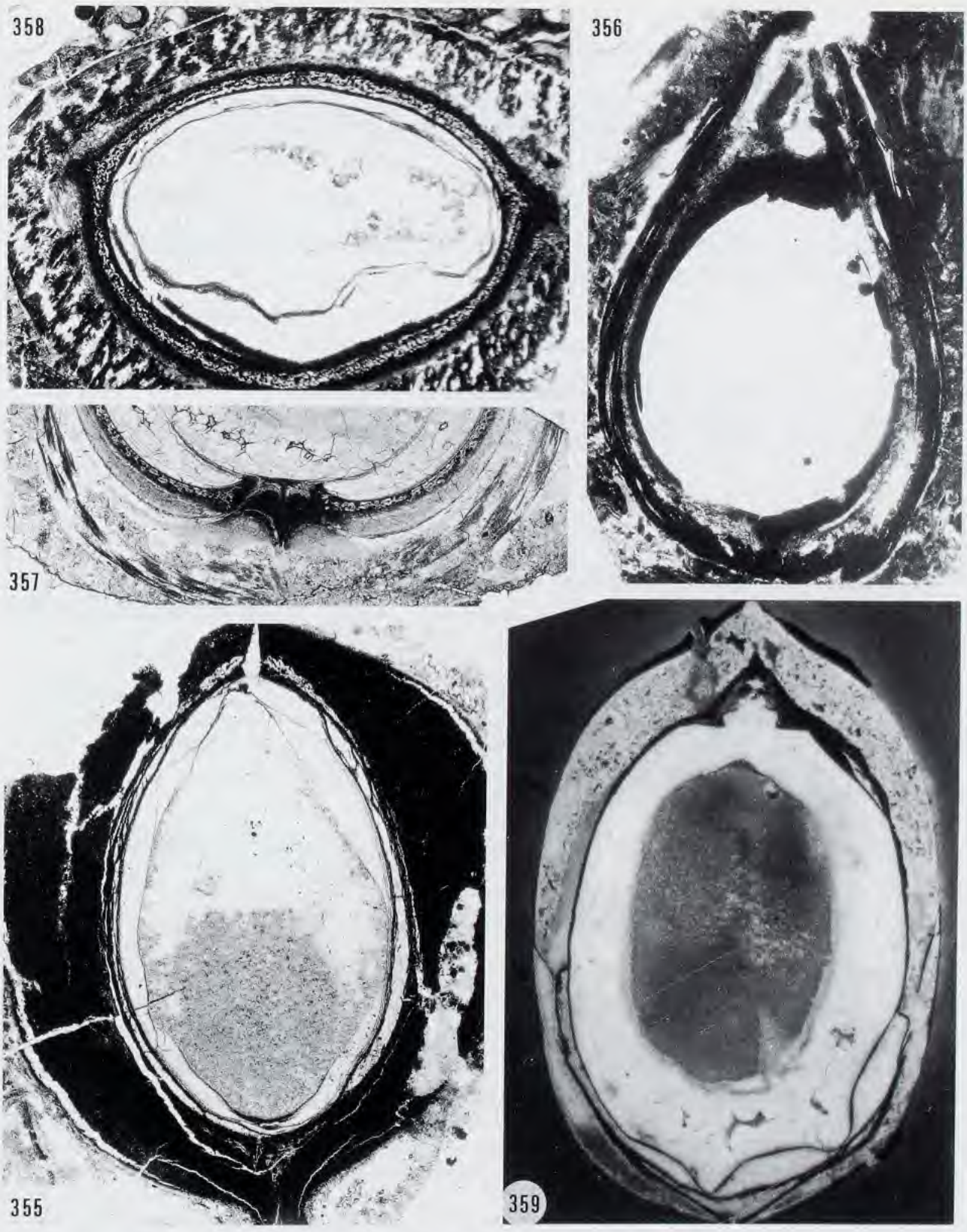


FIG. 355-359. — 355 (× 8) : *Leptocaryum avellanum* Brongniart : ovule, section longitudinale ; 356 (× 3) : *Rhabdospermum conicum* (Brongniart) nov. comb. : ovule, section longitudinale ; 357 (× 5) : *Rhabdospermum cyclocaryon* (Brongniart) Seward : ovule, section longitudinale, détail de la chalaze ; 358 (× 3) : *Rhabdospermum subtunicatum* (Brongniart) nov. comb. : ovule, section transversale médiane ; 359 (× 7) : *Taxospermum gruneri* Brongniart : ovule, section longitudinale.

FIGS. 355-359. — 355 (× 8): Leptocaryum avellanum *Brongniart: ovule, longitudinal section; 356 (× 3):* Rhabdospermum conicum *(Brongniart) nov. comb.: ovule, longitudinal section; 357 (× 5):* Rhabdospermum cyclocaryon *(Brongniart) Seward: ovule, longitudinal section of the chalaza, detail; 358 (× 3):* Rhabdospermum subtunicatum *(Brongniart) nov. comb.: ovule, median transverse section; 359 (× 7):* Taxospermum gruneri *Brongniart: ovule, longitudinal section.*

Source : MNHN, Paris

Nous n'avons pas identifié les lames correspondant à la figuration originale (1874) mais bien retrouvé toutes celles qui sont illustrées sur la planche 9 de BRONGNIART (1881).

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

REMARQUE. — BERTRAND (1907) a décrit, sans l'illustrer, une quatrième espèce à partir du matériel type, celle-ci n'est donc pas valide.

Genre *TAXOSPERMUM* Brongniart, 1874

ESPÈCE-TYPE. — ***Taxospermum gruneri*** Brongniart, 1878.

Taxospermum, BRONGNIART, 1874 : 249, pl. 21, fig. 18-20.

Taxospermum gruneri Brongniart, 1874

Fig. 359

Taxospermum Gruneri, BRONGNIART, 1874 : 249, pl. 21 (18-20).
Taxospermum Gruneri, BRONGNIART, 1881 : 23, 79-80, pl. 15 (1- 6).

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2968 (= fig. 1) et 2978 (= fig. 4 et 5, pl. 15 BRONGNIART, 1881).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

DESCRIPTION. — Cet ovule est caractérisé par sa forme allongée (amygdaliforme), par la relative minceur du tégument limité par un épiderme à grandes cellules et la présence de carènes avec gouttières latérales ; le bec micropylaire est petit ; la vascularisation du tégument est d'origine chalazienne mais les faisceaux, non récurrents, restent dans le sclérotesta.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

ORGANES REPRODUCTEURS DES CORDAITALES

REMARQUES SUR LES GENRES *Cordaianthus* Grand'Eury, 1877 ET *Cordaitanthus* Feismantel, 1876.

MEYEN (1984) a montré que le nom *Cordaitanthus* Feismantel (1876) a priorité sur celui de *Cordaianthus* Grand'Eury (1877) ; nous suivrons cette correction de nomenclature qui a été largement adoptée. Par ailleurs, dans un réexamen du système de classification des organes reproducteurs de Cordaïtales, IGNATIEV et MEYEN (1989) font ressortir combien la systématique des fructifications dispersées du domaine euraméricain reste confuse et insuffisamment argumentée. Ainsi, toutes les inflorescences, tant mâles que femelles, ont-elles été traditionnellement rangées dans le seul genre *Cordaianthus* Grand'Eury, indépendamment du mode et de la qualité de leur conservation. Pour résumer, disons que GRAND'EURY, après avoir instauré le genre unique *Cordaianthus*, avait distingué deux groupes : *C. gemmifer* (regroupant les inflorescences présumées mâles : fig. 364-366) et *C. baccifer* (pour les femelles : fig. 367). Ces binômes furent ensuite, abusivement, assimilés à des dénominations spécifiques par de nombreux auteurs. Or, il apparaît qu'aucune typification fiable du genre *Cordaianthus* n'est possible à partir des descriptions de GRAND'EURY, puisqu'il se révèle impossible de « superposer » ses figurations aux échantillons correspondants.

Source : MNHN, Paris

Aussi IGNATIEV et MEYEN (1989), après révision minutieuse de tout le matériel euraméricain disponible, ont-ils proposé une systématique différente basée sur plusieurs genres et reposant sur des critères diagnostiques précis. Nous récapitulons ci-dessous ce nouveau système, dans lequel nous avons replacé les formes de Saint-Etienne.

FORMES PERMINÉRALISÉES ET COMPRESSIONS MONTRANT LES CARACTÈRES DIAGNOSTIQUES DE BASE.

a) Fructifications mâles :

Genre *LESQUERANTHUS* Ignatiev et Meyen, 1989

ESPÈCE-TYPE. — Lesqueranthus (***Gothania***) ***leslianus*** (Daglian et Taylor) Ignatiev et Meyen 1989.

Lesqueranthus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 331.

Genre *FLORINANTHUS* Ignatiev et Meyen 1989

ESPÈCE-TYPE. — ***Florinanthus*** (***Cordaianthus***) ***concinnus*** (Delevoryas) Ignatiev et Meyen, 1989.

Florinanthus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 332.

D'après IGNATIEV et MEYEN, ce genre se distingue de *Lesqueranthus* par la présence de sporangiophores dispersés parmi les écailles stériles, en plus des sporangiophores terminaux, et par son pollen de type *Florinites*.

Florinanthus penjonii (Renault) Ignatiev et Meyen, 1989
Fig. 360, 361.

Cordaianthus penjoni, RENAULT, 1879 : 306-307, pl. 16, fig. 12-15.
Cordaianthus penjoni, RENAULT, 1881 : 95, pl. 14, fig. 1-3.
Cordaianthus penjoni, FLORIN, 1944a : 437-443, pl. 167, 168, fig. 12, 13 ; pl. 169-170, fig. 1, 2), pl. 171-172, fig. 1-11.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lames 2747 et 2748 (= fig. 12 et 13, pl. 16, RENAULT, 1879).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

REMARQUE. — Cette espèce a été redéfinie et illustrée en détail par FLORIN. Nous figurons l'une des préparations originales (fig. 360 = lame 2747) à titre de comparaison, alors que la figure 361 illustre la présence de 6 sporanges par sporangiophore.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Florinanthus saportanus (Renault) Ignatiev & Meyen 1989

Cordaianthus saportanus, RENAULT, 1879 : 308, pl.17, fig. 3.
Cordaianthus saportanus, RENAULT, 1881 : 95, pl. 14, fig. 4.
Cordaianthus saportanus, FLORIN, 1944a : 437-443, pl.167-168, fig. 6-11 ; pl.169-170, fig. 3,4 ; pl. 171-172, fig. 12-20.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, lame 2744, b.129, coll. RENAULT (lectotype).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

Source : MNHN, Paris

REMARQUE. — De nombreuses préparations de cette espèce, autres que le type, ont été illustrées en détail par FLORIN. Cette espèce semble caractérisée par ses sporangiophores plus petits portant 4 sporanges, au lieu de 6 chez *F. penjonii*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

b) Fructifications femelles :

Genre *PROCORDAICONUS* Ignatiev et Meyen, 1989

ESPÈCE-TYPE. — ***Procordaiconus*** (***Cordaianthus***) ***pseudofluitans*** (Kidston *ex* Florin) Ignatiev et Meyen 1989.

Procordaiconus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 333.

Genre *RENAULTICONUS* Ignatiev & Meyen 1989.

ESPÈCE-TYPE. — ***Renaulticonus*** (***Cordaianthus***) ***williamsoni*** (Renault) Ignatiev et Meyen, 1989.

Renaulticonus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 333.

Ce genre est défini par la présence d'ovules de « type *Cordaicarpus* » à court pédicelle, attachés dans la région moyenne de l'axe fertile, parmi les bractées stériles.

Renaulticonus zeilleri (Renault) Ignatiev et Meyen, 1989.
Fig. 363

Cordaianthus zeilleri, RENAULT, 1879 : II (2), 316, pl. 17, fig. 13.
Cordaianthus zeilleri, BERTRAND, 1991 : 3-59, pl. 1, fig. 1-5.
Cordaianthus zeilleri, FLORIN, 1944a : pl. 171-172, fig. 21, 22.
Cordaianthus zeilleri, FLORIN, 1944b : 466-476, pl. 175-176, fig. 1-10 ; pl. 177-178, fig. 10-14.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 2272, b.130, coll. RENAULT (voir aussi les lames 2770-2771).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

La figure 363 représente une section avec deux ovules assez bien développés, encadrant l'apex de l'axe du cône.

REMARQUE. — STIDD et COSENTINO (1976) ont illustré une lame attribuée à *R. zeilleri* dont les ovules immatures ont, selon eux, un épiderme semblable à celui de *Nucellangium*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Perminéralisation.

Renaulticonus williamsonii (Renault) Ignatiev et Meyen, 1989.
Fig. 362.

Cordaianthus williamsoni, RENAULT, 1879 : 312-314, pl. 17, fig. 11-12.
Cordaianthus williamsoni, BERTRAND, 1991 : 3-59, pl. 3, fig. 19-24.
Cordaianthus williamsoni, FLORIN, 1944b : 466-476, pl. 175-176, fig. 11-14 ; pl. 177-178, fig. 1-9.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN, coll. RENAULT, lame 2262, b.130 (lectotype).

LOCALITÉ-TYPE. — Grand'Croix.

Source : MNHN, Paris

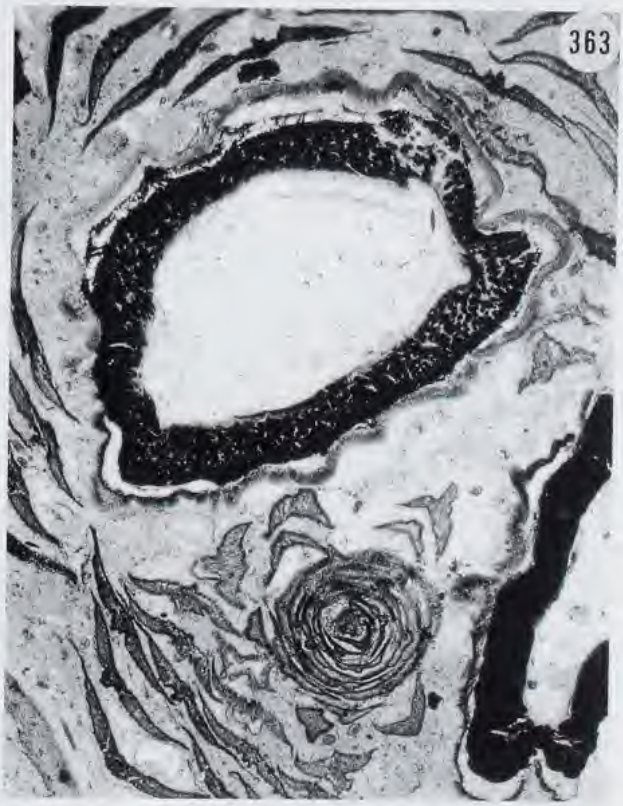


FIG. 360-363. — 360 (× 6), 361 (× 16) : *Florinanthus penjonii* Renault : cône mâle, sections longitudinale et transversale ; 362 (× 26) : *Renaulticonus williamsonii* Renault : cône femelle, section longitudinale, détail montrant un ovule immature ; 363 (× 26) : *Renaulticonus zeilleri* Renault : cône femelle, section transversale, détail montrant un ovule.

FIGS. 360-363. — 360 (× 6), 361 (× 16): Florinanthus penjonii *Renault: male cone, longitudinal and transverse sections; 362 (× 26):* Renaulticonus williamsonii *Renault: female cone, longitudinal section, detail showing an immature ovule; 363 (× 26):* Renaulticonus zeilleri *Renault: female cone, transverse section showing one ovule.*

Source : MNHN, Paris

Nous illustrons la préparation type de cette espèce qui montre l'attachement d'un ovule immature selon une section longitudinale parfaite. La comparaison avec la figure 363, au même grossissement, montre que l'ovule est bien moins développé que ceux figurés chez *R. zeilleri*, alors que les bractées stériles sont de taille bien supérieure.

REMARQUE. — C.E. BERTRAND (1911) a démontré de façon assez convaincante que les ovules de cette espèce correspondent à *Diplotesta*, compte tenu de similitudes dans la structure des téguments.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix). Perminéralisation.

Genre *ROTHWELLICONUS* Ignatiev et Meyen 1989

ESPÈCE-TYPE. — *Rothwelliconus* (*Cordaianthus*) *duquesnensis* (Rothwell) Ignatiev & Meyen, 1989.

Rothwelliconus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 334.

Genre *GRANDEURYCONUS* Ignatiev et Meyen 1989.

ESPÈCE-TYPE. — *Grandeuryconus* (*Cordaianthus*) *diversiflorus* (Kidston *ex* Crookal) Ignatiev et Meyen 1989.

Grandeuryconus sp.
Fig. 367

Les « espèces » du groupe « *Cordaianthus* » *baccifer* (*sensu* Grand'Eury), correspondant à des fructifications femelles conservées en empreintes ou compressions, doivent être rangées dans ce genre.

Grandeuryconus, IGNATIEV & MEYEN, 1989 : 334.

FORMES EN EMPREINTES DE SEXE INDÉTERMINÉ

Genre *CORDAITANTHUS* Feistmantel 1876.

ESPÈCE-TYPE. — ***Cordaitanthus triticus*** (Andrae) Ignatiev et Meyen, 1989.

Cordaitanthus, FEISTMANTEL, 1876 : 272.

Cordaitanthus sp.
Fig. 364-366.

Nous regroupons en « nomenclature ouverte » dans ce genre *Cordaitanthus*, maintenu, les empreintes stéphanoises, traditionnellement attribuées aux « espèces » du groupe « *Cordaianthus* » *gemmifer* (*sensu* Grand'Eury).

Source : MNHN, Paris

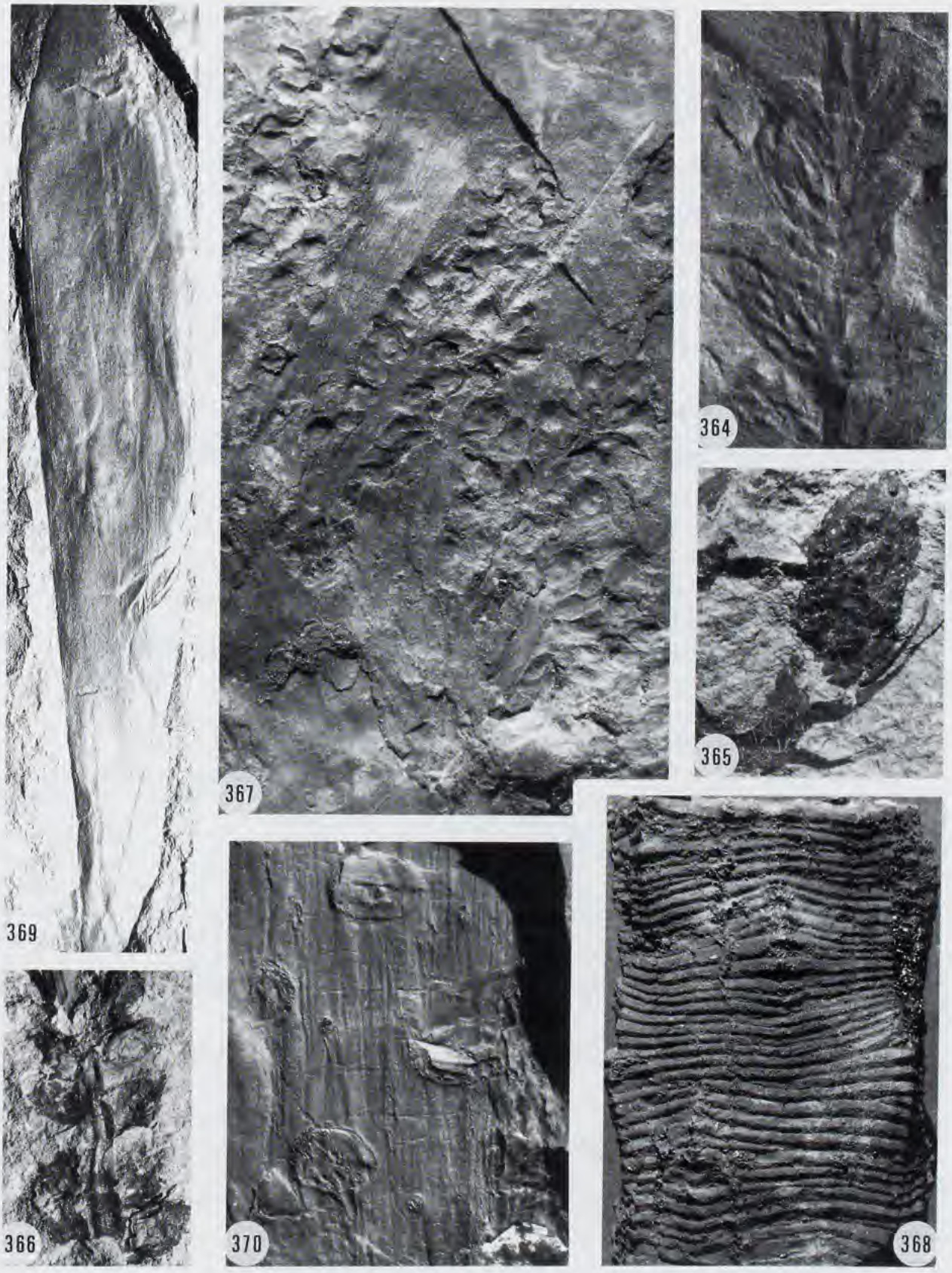


FIG. 364-370. — 364, 365 (× 3), 366 (× 2) : « *Cordaianthus gemmifer* » Grand'Eury ; 367 (× 2) : « *Cordaianthus baccifer* » Grand'Eury ; 368 (× 1) : *Artisia* sp. ; 369 (× 0,5) : *Cordaites angulosostriatus* Grand'Eury ; 370 (× 1) : *Cordaicladus ellipticus* Grand'Eury (= *Pachycordaites lingulatus* Ledran).

Source : MNHN, Paris

FORMES PERMINÉRALISÉES DE SEXE INDÉTERMINÉ

Genre *GOTHANIA* Hirmer, 1933.

ESPÈCE-TYPE. — ***Gothania westfalica*** Hirmer, 1933.

Gothania, HIRMER, 1933 :

FEUILLES VÉGÉTATIVES DE CORDAÏTES

Genre *CORDAITES* Unger, 1850

ESPÈCE-TYPE. — ***Cordaites borassifolius*** (Sternberg) Unger, 1850.

REMARQUE. — Le genre d'organe *Cordaites* désigne des feuilles conservées soit en compression soit en perminéralisation.

A l'occasion de sa révision des feuilles de Cordaitales, LEDRAN (1966) a répertorié de façon exhaustive, redéfini et figuré avec minutie toutes les empreintes de feuilles de Cordaites provenant du bassin de Saint-Étienne.

Nous nous contenterons donc, dans le cadre plus général de ce travail, de rappeler les espèces connues à Saint-Étienne sans insister sur la figuration qui ne saurait être aussi détaillée que dans cette monographie qui reste la référence pour ce groupe.

Nous suivons l'approche systématique de LEDRAN qui subdivise les *Cordaites s. l.* en trois genres de forme : *Cordaites*, *Dorycordaites* et *Pachycordaites*.

Cordaites angulosostriatus Grand'Eury, 1877 emend. Ledran, 1966

Fig. 369, 371

Cordaites anguloso-striatus, GRAND'EURY, 1877 : 217-218, pl. 19.
Cordaites « angulosostriatus », RENAULT, 1879 : 300, pl. 16 (3).
Cordaites « angulostriatus », LEDRAN, 1966 : 27-28, fig. 31, 41-49, pl. 2.

MATÉRIEL FIGURÉ. — LY 11. Faisceau de Gruner.

Compression et perminéralisation.

Feuilles allongées, spatulées ou obtuses s'élargissant régulièrement dès la base pour atteindre leur plus grande largeur aux 2/3 supérieurs ou à l'apex. Dimensions très variables (4-12 cm de large pour 20-30 cm de long). Nervation caractérisée par 2 à 5 nervures fines comprises entre deux plus fortes.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien-Autunien (Massif Central, Jura, Sarre).

Cordaites borassifolius (Sternberg) Unger 1850

Flabellaria borassifolia, STERNBERG, 1823, 2 : 31-36, pl. 18 ; 3 : 4, pl. 34.
Cordaites borassifolius (Sternberg), UNGER, 1850 : 277.
Cordaites borassifolius, GRAND'EURY, 1877 : 216.
Cordaites borassifolius, LEDRAN, 1966 : 59-61, pl. 6 (1-3).

Feuilles longuement lancéolées (10 à 60 cm de long pour 3,5 à 8 cm de largeur maximum), à sommet aigu et base étroite contractée. Nervures égales et très régulières, largement espacées (18 à

Source : MNHN, Paris

20 par cm transversal) ; stries transversales de part et d'autre des nervures, occupant 0,1 à 0,2 mm de large entre 2 stries longitudinales fines, surtout visibles sur la face inférieure.

Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien supérieur — Stéphanien (Massif Central, Nord-Pas de Calais, Lorraine).

Cordaites crassus Renault, 1879

Fig. 345

Cordaites crassus, RENAULT, 1879 : 302-303, pl. 16 (7).
Cordaites crassus, HARMS & LEISMAN, 1961 : 1041-1064, pl. 126 (1 et 9-11), pl. 127 (1-5), 128 (1-4).
Cordaites crassus, type IIIa, LEDRAN, 1966 : 24-25, 32, fig. 27-28.

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN. coll. RENAULT, lame 2659. Les feuilles de *C. crassus* appartiennent au groupe des Duplicinervées de LEDRAN, caractérisées par l'existence de massifs d'hypoderme interfasciculaire et par l'absence de parenchyme palissadique.

REMARQUE. — Nous choisissons d'illustrer cette espèce, assez fréquente à Grand'Croix, et réétudiée en détail par HARMS et LEISMAN sur la base de spécimens du Pennsylvanien américain.

Les auteurs américains ont noté l'absence de *C. crassus* dans les coal balls dominés par l'espèce *C. principalis*.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix) et Pennsylvanien (coal balls) de l'Iowa.

Cordaites duplicinervis Grand'Eury, 1877

Cordaites duplicinervis, GRAND'EURY, 1877 : 210, pl. 18 (3).
Cordaites duplicinervis, type IIIb, LEDRAN, 1966 : 26, fig. 17b.

REMARQUE. — Ces feuilles appartiennent, comme celles de *C. crassus*, au groupe des Duplicinervées de LEDRAN. À l'origine, GRAND'EURY a confondu les massifs hypodermiques interfasciculaires avec une deuxième rangée de faisceaux vasculaires (d'où l'épithète spécifique). La séparation des deux espèces *C. duplicinervis* et *C. crassus* nous paraît mal fondée.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (La Péronnière).

Cordaites foliolatus Grand'Eury, 1877

Fig. 372, 373

Cordaites foliolatus, GRAND'EURY, 1877 : 219, pl. 21 (3).

MATÉRIEL-TYPE ET MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8538 (holotype).

Feuilles oblongues de 4 à 8 cm de long pour 1 à 2,5 cm de large (fig. 372). Nervures peu marquées, régulières (30 par cm) encadrant de nombreuses stries longitudinales fines et serrées : jusqu'à 6 entre 2 nervures (fig. 373).

Source : MNHN, Paris

Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Massif Central).

Cordaites principalis Germar, 1848

Cordaites principalis, GERMAR, 1848 : 40-42.
Cordaites principalis, RENAULT, 1879 : 301, pl. 16 (6).
Cordaites principalis, CARPENTIER, 1932 : 5-7, pl. 1 (1-5), pl. 2.
Cordaites sp., type IIIc, LEDRAN, 1966 : 26, fig. 29.

LEDRAN considère que les feuilles silicifiées de Grand'Croix décrites par RENAULT ne sont pas conformes à l'espèce *C. principalis* qui est, par ailleurs, fondée exclusivement sur des compressions d'âge westphalien, lesquelles restent inconnues dans le bassin de Saint-Étienne.

Grandes feuilles lancéolées de 50 à 60 cm de long pour 4 à 15 cm de plus grande largeur, atteinte vers les 2/3 supérieurs. Nervation très irrégulière : nervures épaisses, à écartement variable. ; 2 à 5 stries longitudinales internervuraires, stries transversales obliques et transversales bien marquées.

Compression et ? perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Westphalien — ? Stéphanien d'Europe occidentale.

Cordaites rhombinervis Grand'Eury, 1877

Cordaites rhombinervis, GRAND'EURY, 1877 : 209, pl. 18 (2).
« Cordaites » rhombinervis, type IIb, LEDRAN, 1966 : 24, fig. 26.

REMARQUE. — Ces feuilles appartiennent au groupe des Simplicinervées de LEDRAN. Elles sont caractérisées par la présence de deux massifs sclérenchymateux sus- et sous-jacents aux faisceaux vasculaires et par l'absence de massifs interfasciculaires. L'espèce *C. rhombinervis* est dépourvue de parenchyme palissadique.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien (Grand'Croix).

Cordaites rotundinervis Grand'Eury, 1877

Cordaites rotundinervis, GRAND'EURY, 1877 : 209, pl. 18 (1).
« Cordaites » rotundinervis, type Ie, LEDRAN, 1966 : 23, fig. 23.

Ces feuilles appartiennent au groupe des Simplicinervées comme *C. rhombinervis*, mais elles diffèrent de cette espèce par la présence de parenchyme palissadique.

Perminéralisation.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien de Grand'Croix.

Source : MNHN, Paris

Cordaites tenuistriatus Grand'Eury, 1877

Cordaites tenuistriatus, GRAND'EURY, 1877 : 218.
? ***Cordaites tenuistriatus***, RENAULT, 1879 : 298-299.
Cordaites tenuistriatus, LEDRAN, 1966 : 54-56.
Cordaites, type Ib, LEDRAN, 1966 : 21-22, fig. 20.

LEDRAN rapporte qu'un seul spécimen correspondant à cette espèce provient de Saint-Étienne (l'Eparre). Tous les autres proviennent de Commentry. Nous n'en n'avons retrouvé aucun exemplaire.

Cet auteur considère, d'autre part, que le matériel silicifié décrit par RENAULT est distinct de l'espèce de GRAND'EURY. Notons que cela est difficile à vérifier car GRAND'EURY n'a pas fourni d'illustration suffisamment précise, ce qui a conduit RENAULT à conserver le spécimen avec réserve.

Feuilles de petite taille (6 à 8 cm de long sur 1 à 2 cm de large), oblongues ou obtuses, à limbe assez épais. Nervation régulière et bien marquée : 30 à 40 nervures par cm transversal ; 3 à 4 stries longitudinales très fines entre 2 nervures.

Compression (et ? perminéralisation).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — ? Stéphanien de Grand'Croix (? perminéralisation). — Stéphanien de Saint-Etienne et Commentry (compressions).

Genre *DORYCORDAITES* Zeiller, 1888

ESPÈCE-TYPE. — ***Dorycordaites palmaeformis*** (Goeppert) Zeiller 1888.

Dorycordaites affinis (Grand'Eury) Renault, 1888
Fig. 374

Cordaites affinis, GRAND'EURY, 1877 : 215, pl. 18, (6, 7).
Dorycordaites affinis (Grand'Eury), RENAULT *in* RENAULT & ZEILLER, 1888 : 587, pl. 65 (8-11).
Dorycordaites affinis, LEDRAN, 1966

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8535.

DESCRIPTION. — Feuilles longuement lancéolées à sommet aigu. Dimensions très variables : longueur 15-40 cm ; largeur : 1,8-3 cm. 50 à 60 nervures serrées par cm.

Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien-Autunien, Massif Central.

Dorycordaites palmaeformis (Goeppert) Zeiller, 1888
Fig. 375

Nœggerathia palmaeformis, GOEPPERT, 1864 : 157, pl. 22 (2).
Cordaites palmaeformis, GRAND'EURY, 1877 : 244, pl. 18 (4, 5).
Dorycordaites palmaeformis, ZEILLER, 1888 : 632, pl.93, fig. 1,2.
Dorycordaites palmaeformis, (Goeppert) RENAULT *in* RENAULT & ZEILLER, 1888 : 585, pl. 64 (1-7).
Dorycordaites palmaeformis, LEDRAN 1966 : 89, 90, pl. 16 (2).

Feuilles lancéolées ou obtuses s'élargissant dès la base, à sommet aigu, groupées en éventail à l'extrémité de rameaux grêles. Taille très variable : 30-60 cm de long pour 1,5-5 cm de large ; largeur maximum à mi-longueur.

Source : MNHN, Paris

Nous figurons ici comme *Dorycordaites* cf. *palmaeformis* un groupe de feuilles fragmentaires correspondant bien à ces critères, mais de dimensions plus modestes (fig. 386).

REMARQUE. — LEDRAN, attribue un échantillon de *Dorycordaites palmaeformis* figuré par GRAND'EURY (1877, pl. XVIII) à *Dorycordaites lanceolatus* Ledran 1966.
Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien-Autunien, Massif Central.

Genre *PACHYCORDAITES* Ledran 1966.

ESPÈCE-TYPE. — Non désignée.

Pachycordaites lingulatus (Grand'Eury) Ledran, 1966

Cordaites lingulatus, GRAND'EURY, 1877 : 218, pl. 20 (1-4).
Pachycordaites lingulatus, LEDRAN, 1966 : 17, 67-74, pl. 10, 11.

DESCRIPTION. — Feuilles allongées, obtuses, larges à la base (4-5 cm) pour une longueur de 10 à 50 cm et une largeur maximum de 15 cm atteinte vers les 2/3 supérieurs. Une à trois nervures fines entre deux principales.

REMARQUE. — Les rameaux défeuillés de *Pachycordaites lingulatus*, caractérisés par leurs cicatrices foliaires elliptiques, appartiennent à l'espèce « morphographique » *Cordaicladus ellipticus* (GRAND'EURY, 1877 : 243) (MNHN n° 8483 ; fig. 370).
Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien-Autunien, Massif Central.

Pachycordaites elongatus (Grand'Eury *ex*) Ledran, 1966

Cordaites lingulatus, GRAND'EURY, 1877 (étiquette manuscrite).
Pachycordaites elongatus, LEDRAN, 1966 : 76, pl. 12.

MATÉRIEL-TYPE. — MNHN 10124 (non retrouvé).
Échantillon non figuré (annotation manuscrite).

DESCRIPTION. — Feuilles de grande taille (L : 15-20 cm ; l : 3-8 cm), toujours fragmentaires, s'élargissant lentement et régulièrement dès la base. Nervures grossières à la base (10 à 15 par cm), fines et régulières dans la région médiane (25 à 30 par cm).
Compression.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — Stéphanien-Autunien, Massif Central.

Genre *POACORDAITES* Grand'Eury, 1877

ESPÈCE-TYPE. — ***Poacordaites latifolius*** (Goeppert) Grand'Eury, 1877.
Poa cordaites, GRAND'EURY, 1877 : 224.

Source : MNHN, Paris

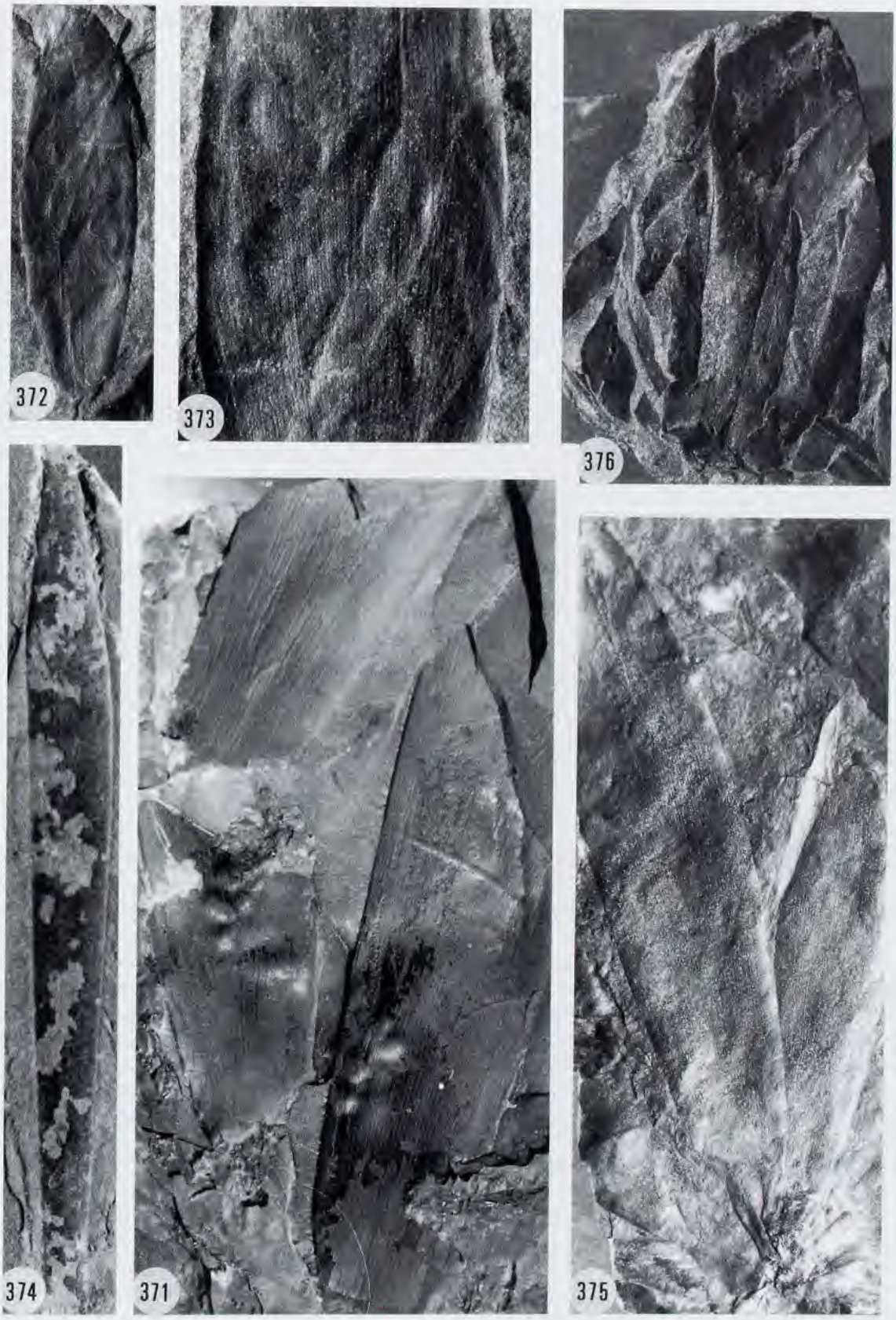


FIG. 371-376. — 371 (× 1) : *Cordaites angulosostriatus* Grand'Eury ; 372 (× 1), 373 (× 3) : *Cordaites foliolatus* Grand'Eury ; 374 (× 1) : *Dorycordaites affinis* (Grand'Eury) Renault ; 375 (× 1) : *Dorycordaites palmaeformis* (Goeppert) Zeiller ; 376 (× 1) : *Poacordaites microstachys* (Goldenberg) Zeiller.

Source : MNHN, Paris

Poacordaites microstachys (Goldenberg) Zeiller, 1880
Fig. 376

Cordaites microstachys, Goldenberg *in* Weiss, 1872 : 194-195, fig. 1-4.
Poacordaites linearis, Grand'Eury, 1877 : 225-226, pl. 23, 24 (1, 2).
« Poacordaites » microstachys, Zeiller, 1880 : 146-147.
« Poacordaites » microstachys, Vetter, 1968 : 132, pl. 40 (9).

Matériel figuré. — SEM 541 (BL 37.63). 5e Beaubrun. Feuilles linéaires, à sommet obtus, de 0,4 mm à 1 cm de large pour une longueur maximum de 20 cm. Nervures extrêmement serrées (60 à 70 par cm) avec 2 à 3 stries longitudinales intercalées.

Compression.

Répartition géographique et stratigraphique. — Stéphanien — Autunien du Massif central.

Poacordaites oxyphyllus Grand'Eury, 1877

Poacordaites oxyphyllus, Grand'Eury, 1877 : 226, pl. 24, fig. 4.
« Poacordaites » oxyphyllus, Ledran 1966 : 99, pl. 19 (3, 4).

Description. — Feuilles linéaires ou lancéolées à base large (0,8-1 mm). Longueur variant de 5 à 10 cm. Nervures toutes semblables et très serrées (80 par cm).

Compression.

Répartition géographique et stratigraphique. — Base du Stéphanien supérieur (Massif Central).

Classe des Dicranophyllopsida

Ordre des Dicranophyllales

La position systématique de ce groupe rangé, le plus souvent, dans les Gymnospermes reste obscure. Dans la plupart des systèmes de classification des Gymnospermes, les Dicranophyllales sont, soit omises, soit traitées comme un ordre séparé. Les caractéristiques très déroutantes du genre *Dicranophyllum*, qui fondent le groupe, ont même conduit certains auteurs à les considérer comme un groupe indépendant des Dicranophyllopsida.

Les feuilles linéaires, longues et étroites, simples ou plurifides, rapprochées le plus souvent des Conifères, laissent en effet sur le rameau, après leur chute, des cicatrices très similaires à celles des feuilles caduques de *Lycopodiophyta*.

Nous le considérons ici comme un groupe *incertae sedis*.

Genre *Dicranophyllum* Grand'Eury, 1877

Espèce-type. — ***Dicranophyllum gallicum*** Grand'Eury, 1877.

Dicranophyllum, Grand'Eury, 1877 : 275.

Source : MNHN, Paris

Dicranophyllum gallicum Grand'Eury, 1877
Fig. 377-380

Dicranophyllum gallicum, GRAND'EURY, 1877 : 275, pl. 30 (1, 2).

MATÉRIEL FIGURÉ. — MNHN 8405.

DESCRIPTION. — Feuilles longues, pouvant atteindre 20 cm, très étroitement linéaires et plurifides, non pétiolées, densément insérées en spirale sur les tiges ; laissant après leur chute des cicatrices longitudinales ou transversales rappelant celles des *Lycopodiophyta* paléozoïques ou de certains conifères (fig. 377, 379).

MEYEN (1987) insiste sur l'importance diagnostique des deux sillons stomatifères marginaux (auparavant interprétés comme des nervures ; GRAND'EURY, 1877 : 275) qui parcourent les faces dorsales des feuilles sur toute leur longueur (fig. 378, 380).

CLASSE DES CONIFEROPSIDA

ORDRE DES VOLTZIALES

Il est frappant de constater combien empreintes et compressions de Conifères sont peu abondantes dans le bassin de Saint-Étienne. Sur les quelques milliers d'échantillons passés en revue, elles se comptent en dizaines seulement.

Qui plus est, seuls des rameaux végétatifs plus ou moins fragmentaires ont été répertoriés. Aucune fructification mâle ou femelle n'a été découverte jusqu'à présent.

TAXONOMIE DES FEUILLES DE CONIFÈRES PALÉOZOÏQUES EURAMÉRICAINS

Jusqu'en 1986, l'approche taxonomique de FLORIN (1938-1947) était unanimement reconnue.

À partir de l'étude d'un matériel remarquablement conservé incluant cônes mâles et femelles, rameaux végétatifs etc. du Permien supérieur des Alpes italiennes (CLEMENT-WESTERHOF, 1984), VISSCHER *et al.* (1986) ont proposé un nouveau « flexible system of naming Palaeozoïc Conifers ». Leur démarche repose essentiellement sur une distinction aussi rigoureuse que possible de groupes « naturels » (genres, familles) basés sur la connaissance de la morphologie des axes végétatifs et de l'organisation des cônes ovulifères, d'une part et de « genres de forme » (rameaux végétatifs, appareils reproducteurs mal définis...), d'autre part.

Pour ces auteurs, seuls les « genres naturels » peuvent être utilisés à des fins d'analyse phylogénique.

Par la même occasion, ils proposent des modifications basées sur l'application stricte des règles du code de nomenclature aboutissant, en particulier, à rendre illégitime le genre *Lebachia* et, partant, la famille des Lebachiaceae. Cette approche reste controversée et MEYEN (1987) propose, par exemple, le maintien du genre *Lebachia* au nom du principe de stabilité tout en reconnaissant que la taxonomie des conifères paléozoïques nécessite, effectivement, une révision substantielle.

Nous suivrons ici la terminologie mise au point par VISSCHER, précisée par KERP et CLEMENT-WESTERHOF (1991) de façon purement formelle, sans que cela implique pour nous une prise de position dans ce débat que la pauvreté du matériel stéphanois ne peut en aucune façon éclairer.

Rameaux végétatifs des Conifères paléozoïques

La plupart des Conifères du Carbonifère supérieur possèdent des feuilles en aiguilles falquées, décurrentes, insérées en spirale sur leurs rameaux.

Source : MNHN, Paris

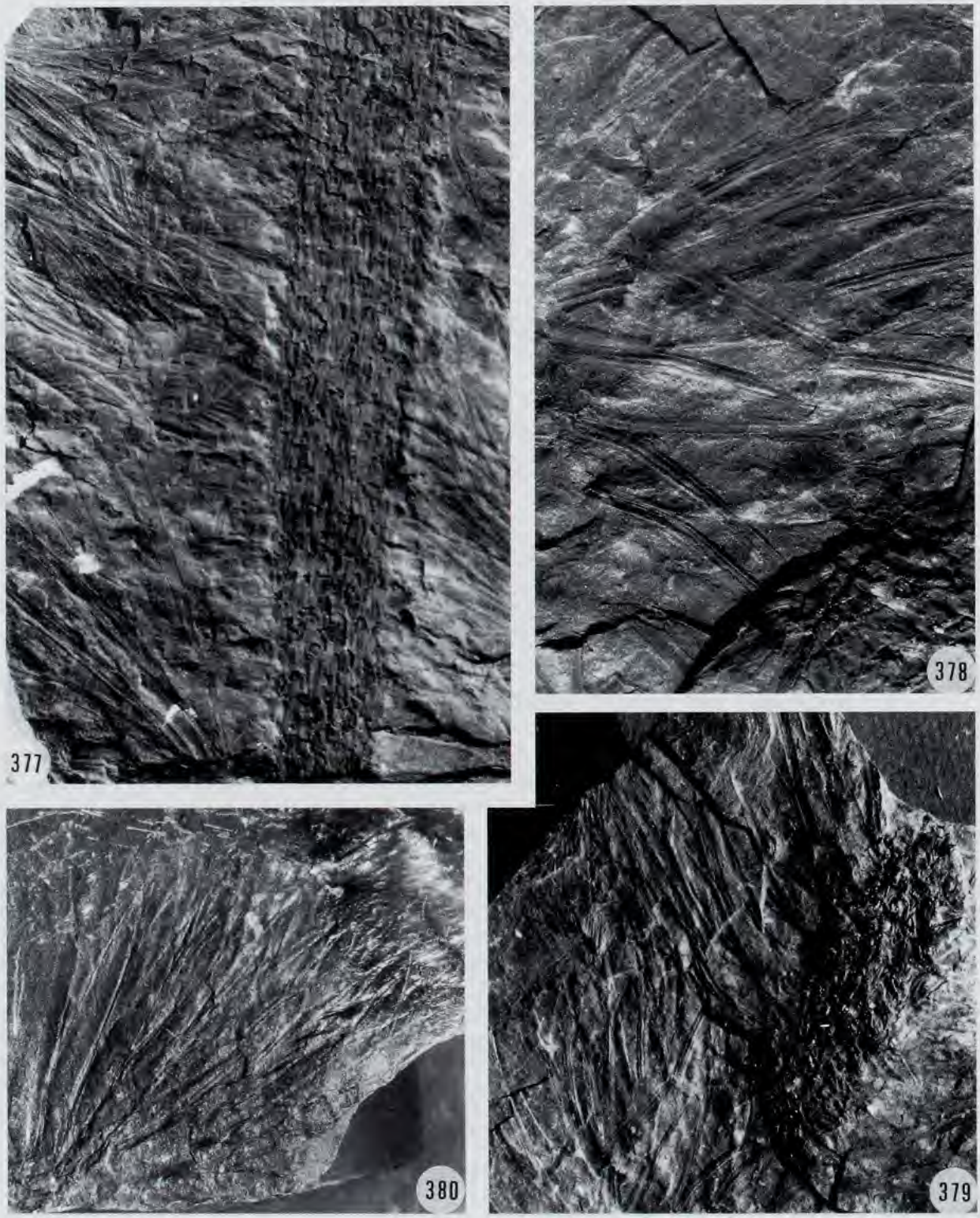


FIG. 377-380. — 377, 379, 380 (× 1), 378 (× 2) : *Dicranophyllum gallicum* Grand'Eury.

Source : MNHN, Paris

Les différentes formes reconnues sont actuellement rangées, suivant les auteurs, dans les genres *Walchia* Sternberg (*sensu* VISSCHER *et al.*, 1986 = genre « naturel », basionyme de la famille « naturelle » des *Walchiaceae*) et les genres « de forme » *Walchia* Sternberg (*sensu* FLORIN, MEYEN...) ; *Lebachia* Florin, *Culmitzschia* (Ullrich) Clement-Westerhof et *Hermitia* Kerp et Clement-Westerhof.

La presque totalité du matériel de Saint-Étienne peut être regroupée dans *Walchia* (*sensu* VISSCHER *et al.*).

Nous nous contenterons, ici, de les mentionner et de figurer les spécimens les moins médiocres.

FAMILLE DES WALCHIACEAE (GOEPPERT), SCHIMPER 1870, *SENSU* VISSCHER *ET AL.*, 1986

Genre *WALCHIA* Sternberg, 1825.

ESPÈCE-TYPE. — ***Walchia piniformis*** Sternberg, 1825.

Walchia piniformis Sternberg, 1825
Fig. 381, 382

Walchia piniformis, STERNBERG, 1825 : fig. 396, 397.

Rameaux végétatifs ultimes, alternes distiques, garnis d'étroites petites feuilles aciculaires (3 à 10 mm de long) effilées, insérées densément en spirale. Très décurrentes à la base, elles s'écartent nettement de l'axe près de leur base, avant de se redresser vers l'apex pour devenir sensiblement parallèles au rameau.

Walchia sp. cf. ***W. hypnoides*** (Brongniart) Brongniart, 1849
Fig. 383

Rameaux ultimes caractérisés par leurs feuilles en **aiguilles extrêmement petites** (longueur maximum : 2,5 mm) et étroites (largeur inférieure au mm), très étroitement imbriquées les unes dans les autres.

REMARQUE. — Les formes traditionnellement attribuées à *W. hypnoides* sont maintenant souvent rapportées à un nouveau genre *Otovicia* Kerp *et al.*, 1990. La révision du matériel type de *W. hypnoides* a permis de montrer que chaque rameau ovulifère renferme deux écailles fertiles, et non une seule, impliquant la création de ce nouveau « genre naturel ».

Genre *HERMITIA* Kerp et Clement-Westerhof, 1986 emend Broutin & Kerp, 1994

ESPÈCE-TYPE. — ***Hermitia dawsonii*** (White 1929) Kerp et Clement-Westerhof, 1986.

Hermitia, KERP & CLEMENT-WESTERHOF, *in* VISSCHER *et al.* 1986 : 96.
Hermitia emend, BROUTIN & KERP, 1994 : 245.

Diagnose émendée : Système de rameaux latéraux constitué d'une branche (feuillée) d'avant dernier ordre portant deux séries latérales de rameaux ultimes feuillés. Feuilles bifaciales, clairement décurrentes, aciculaires, disposées en spirale.

Source : MNHN, Paris

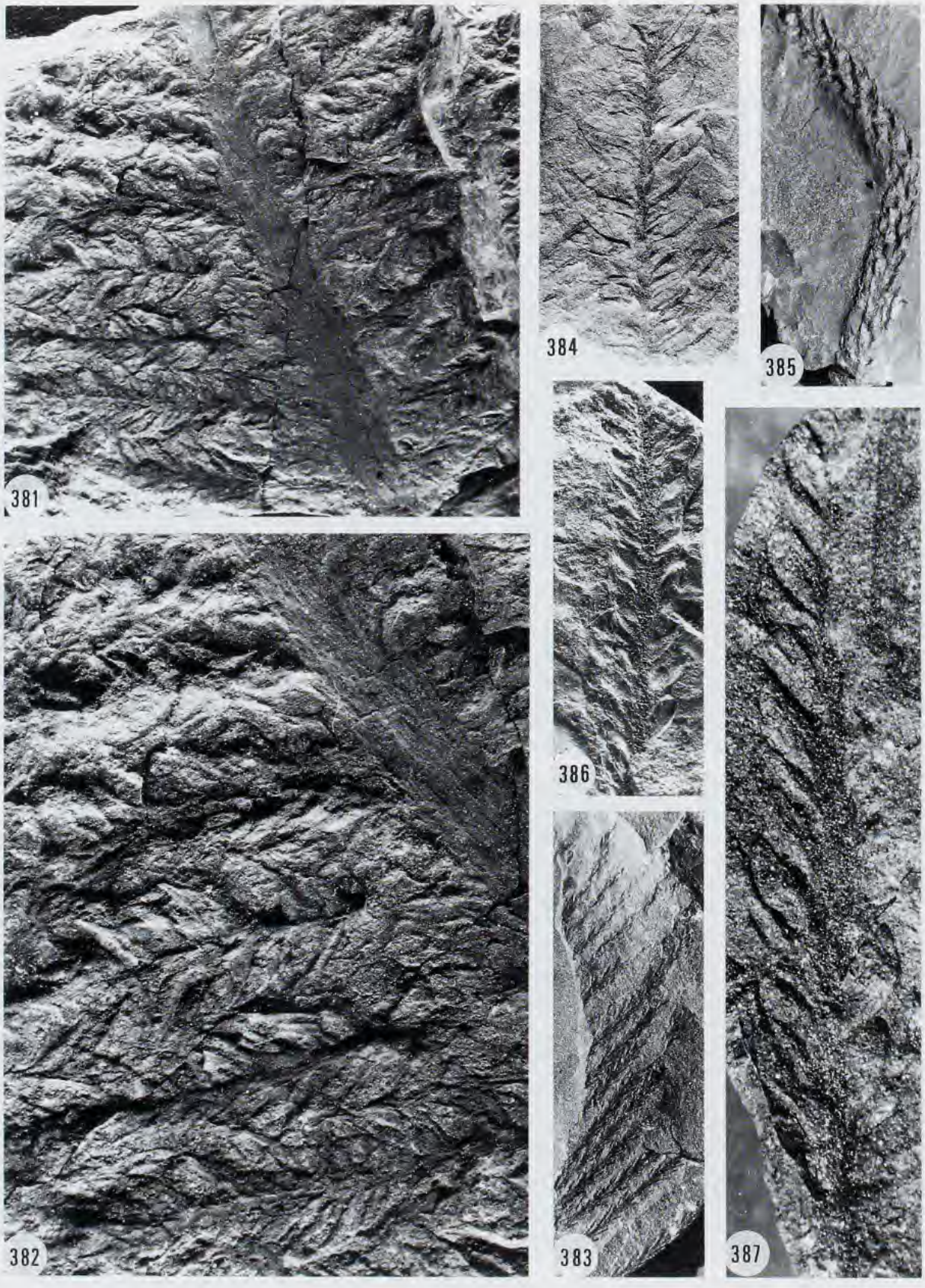


FIG. 381-387. — 381 (× 1), 382 (× 1,5) : *Walchia piniformis* Sternberg ; 383 (× 1) : *Walchia* sp. cf. *Walchia hypnoides* (Brongniart) Florin ; 384 (× 1) : *Hermitia* cf. *gallica* (Florin) Kerp & Clement Westerhof ; 385 (× 1) : rameau feuillé de conifère proche du genre *Feysia* — Feysia-*like conifer leafy shoot* ; 386 (× 2), 387 (× 4) : *Feysia* cf. *minutifolia* Broutin & Kerp.

Source : MNHN, Paris

Hermitia sp. cf. ***H. gallica*** (Florin) Kerp et Clement-Westerhof, 1986
Fig. 384

Rameaux de dernier ordre couvert de feuilles longues et étroites, peu décurrentes, insérées en spirales et peu imbriquées les unes dans les autres.

Genre ***Feysia*** Broutin et Kerp, 1994

ESPÈCE-TYPE. — ***Feysia minutifolia*** Broutin et Kerp, 1994.

Feysia, BROUTIN & KERP, 1994 : 245.

Feysia cf. ***minutifolia***
Fig. 386, 387.

Outre les formes « classiques » signalées ci-dessus, quelques rares spécimens dont nous figurons deux exemplaires, montrent une morphologie foliaire différente : petites feuilles larges, oblongues, **bifaciales** et finement striées longitudinalement (Fig. 385-387). Ces caractères morphologiques correspondent à ceux des feuilles du genre permien *Ullmannia* Goeppert.

Certaines formes comparables ont été attribuées au genre *Lecrosia* Florin, 1947. Une révision de toutes ces formes souvent rapportées, par erreur, à *Ullmannia* (qui semble bien cantonné au Permien supérieur) vient d'être achevée (BROUTIN & KERP, 1994). D'ores et déjà, il apparaît que ces végétaux, à ramifications alternes distiques (*Walchiaceae* ?) portant des feuilles d'aspect « *Ullmannia* », doivent être attribuées à un nouveau genre « morphographique » : *Feysia*, en attendant de pouvoir en préciser les affinités naturelles.

Source : MNHN, Paris

LA MICROFLORE

Les études palynologiques dans le bassin de Saint-Étienne

Les premières études concernant les spores et les grains de pollen du terrain houiller de Saint-Étienne sont dues à Alpern (1957). Dans le cadre d'un mémoire consacré à la palynologie de divers bassins houillers français, l'auteur décrit et figure une vingtaine d'espèces provenant essentiellement des couches de charbon recoupées par les sondages Triollière 1 et 2. En 1962, Danzé et Laveine publient l'inventaire palynologique d'une concrétion siliceuse du gisement de Grand'Croix. L'association comprend surtout des grains de pollen : *Florinites*, *Pityosporites* et des spores du genre *Endosporites*. L'analyse palynologique d'un échantillonnage plus important récolté dans les faisceaux de Combes, des Littes, de Beaubrun et de Gruner a fait l'objet de la thèse de Lamotte (1963). Le matériel étudié provient de 11 sondages, de plusieurs puits ainsi que de deux coupes de terrain, l'une sur les charbons et l'autre sur les stériles. Le but de cette étude, qui ne comprend pas l'assise de Rive de Gier, était d'établir par la palynologie des corrélations entre les veines de charbon recoupées par les sondages, à l'intérieur du bassin. La synthèse des résultats palynostratigraphiques résultant de cet important travail (Alpern & Lamotte, 1963) met en évidence, dans toute la série concernée, l'abondance des spores monolètes, *Punctatosporites*, *Thymospora* et *Laevigatosporites*, la limite inférieure du faisceau de Bellevue étant marquée par la régression des *Lycospora*, relativement fréquentes plus bas et par le développement des *Spinosporites spinosus*.

Reprenant en partie les études précédentes, Liabeuf et Alpern (1969) ont entrepris de caractériser par les associations de spores et de grains de pollen les différentes assises du stratotype du Stéphanien. Cette vaste synthèse s'appuie sur l'analyse d'environ 70 échantillons de charbon prélevés dans 42 veines réparties sur l'ensemble du gisement, assise de Rive de Gier comprise. Les auteurs définissent ainsi, dans la série étudiée, trois palynozones successives :

— la **Zone I** est caractérisée par le développement du groupe *Densosporites-Cristatisporites*, les *Torispora* (*T. securis* et *T. laevigata*), par l'abondance relative de *Punctatosporites* et la présence non négligeable de *Lycospora*. Cette zone correspond à l'ensemble des échantillons prélevés dans l'assise de Rive de Gier.

— la **Zone II**, assez monotone, est marquée par une fréquence très élevée de *Punctatosporites* et de *Thymospora* et par la présence relativement notable de *Spinosporites*, *Lophotriletes*, *Lycospora*. Elle comprend les faisceaux de Gruner et de Beaubrun ; celui de la Chazotte présenterait des caractères similaires.

— la **Zone III** se caractérise par la persistance de *Thymospora*, la régression de *Punctatosporites* (notamment *P. rotundus*), la disparition de *Lycospora*, un certain développement de *Calamospora* et l'explosion de *Spinosporites spinosus*. Cette zone est limitée à sa base par la première Crue des Littes et comprend le faisceau de Bellevue. Dans l'échelle très détaillée présentée par les auteurs subsistent toutefois des lacunes résultant de la difficulté, voire de l'impossibilité d'extraire des associations de microflore valables des veines situées entre le faisceau de Rive de Gier et la 3^e Beaubrun, affectées par une importante diagenèse de la matière organique.

Par la suite, ces conclusions ont été précisées et insérées dans différentes propositions de zonation et de corrélations palynostratigraphiques d'abord limitées aux bassins stéphaniens français

Source : MNHN, Paris

(LIABEUF *et al.*, 1967), puis à des échelles plus vastes concernant l'ensemble du Carbonifère d'Europe occidentale (COQUEL *et al.*, 1976), avec ses limites inférieures et supérieures (CLAYTON *et al.*, 1977).

Une trentaine d'échantillons complémentaires analysés plus récemment ont apporté quelques données nouvelles sur les microflores du houiller stéphanois.

Pour l'assise de Rive de Gier, une liste plus fournie de spores et de grains de pollen souligne la particularité de cette association qui présente encore de nettes affinités avec celle du Westphalien supérieur (DOUBINGER & VETTER, 1985b) ; en particulier, on y note la variété des *Densosporites*, la présence de *Vestispora laevigata* et de *V. fenestrata*. Dix à 15 m au-dessus du gore vert de la Grand'Croix, c'est-à-dire 130 à 150 m au toit de la Grande Masse, une veinette de charbon a livré une association nettement différente de celles des autres charbons de Rive de Gier avec des monolètes, des *Raistrickia* variés, et des pollens : *Florinites*, *Guthoerlisporites*, *Candidispora*, des petits bisaccates alètes, ainsi que de curieux *Centonites symetricus* décrits aussi par ALPERN dans la couche de la Vaure (Chazotte).

Des observations, il est vrai fragmentaires, effectuées sur la 15e Chazotte, indiquent, outre la prédominance massive de *Laevigatosporites* et *Thymospora*, la présence notable *d'Acanthotriletes*, *Angulisporites*, *Apiculatisporis* et *Spinosporites spinosus*, caractère qui rapprocherait cette association de celle décrite dans le faisceau des Littes et dans les couches supérieures du faisceau de Beaubrun (BOUROZ & DOUBINGER, 1978).

D'autres observations nouvelles intéressent les formations bitumineuses à écailles de poissons. La microflore extraite du niveau poissonneux, situé au toit de la Bâtarde dans le faisceau de Rive de Gier, est totalement différente de celle du charbon sous-jacent. Les spores y sont très rares : on y note la présence *d'Endosporites* sp., de *Cadiospora*, *Cirratriradites*, *Knoxisporites glomus*, *Verrucosisporites elegans* et de nombreux grains de pollen : *Florinites*, *Potonieisporites*, *Hamiapollenites*, *Complexisporites polymorphus*, des petits bisaccates alètes et d'assez nombreux *Schopfipollenites*.

Un niveau à *Lodevia* (= *Callipteris*) *nicklesii* et faune, au toit de la 3e Beaubrun, a livré une microflore qualitativement et quantitativement caractéristique de l'Autunien (BROUTIN *et al.*, 1990), à *Potonieisporites*, *Vittatina* (fig. 391) alors que les veines de houille situées plus haut dans la série renferment une association palynologique dominée par les monolètes, *Thymospora* et *Laevigatosporites*, caractéristiques du Stéphanien.

Une analyse palynologique faite sur un échantillon du niveau poissonneux de la 1e Crue des Littes a également mis en évidence une association typiquement « autunienne » à nombreux *Potonieisporites*, *Vesicaspora*, petits disaccates, alors que le charbon des veines de l'assise de Bellevue (Italienne, Combes), situées plus haut, présente l'association dominée largement par les monolètes (BOUROZ & DOUBINGER, 1977).

Dans les couches rouges du Jardin des Plantes réputées azoïques mais ayant livré *Autunia* (= *Callipteris*) *conferta* et *Taeniopteris abnormis*, un niveau charbonneux affleurant au lieu-dit « la Dame Blanche » (Jardin des Plantes) a été analysé (DOUBINGER & ALVAREZ-RAMIS, 1980). La microflore isolée, dominée par les monolètes : *Laevigatosporites* et *Thymospora*, est encore nettement stéphanienne. Les pollens de Gymnospermes y sont extrêmement rares. Or il s'agit là de la formation sommitale du terrain houiller de Saint-Étienne.

Dans les différents exemples précités, il s'agit incontestablement de « phénomènes d'incursions » (toit de la Bâtarde, 3e Beaubrun et Crue des Littes) et de « récurrences » (couches rouges du Jardin des Plantes) observés dans divers bassins autuno-stéphaniens (BROUTIN *et al.*, 1986, 1990 ; HOCHULI, 1985). Ces observations montrent la coexistence, pendant une période géologique relativement longue, de cortèges floristiques stéphaniens et autuniens.

La composition de la microflore stéphanienne

La liste suivante correspond à l'inventaire le plus complet possible des taxons mentionnés ou décrits dans l'ensemble des études citées.

Source : MNHN, Paris

Il est rappelé que les « genres » et « espèces » de spores et de grains de pollen ne sont pas des « genres » et des « espèces » naturels mais des « morphogenres » et des « morphoespèces ». Les affinités botaniques mentionnées sont celles connues d'après la littérature indépendamment de l'extension stratigraphique des taxons concernés.

Si l'inventaire ci-dessous est exhaustif, notre figuration a pour objet de mieux illustrer des assemblages mal connus, tel celui renfermé dans le niveau bitumineux de Rive de Gier ou celui de la couche à poissons au toit de la 3e Beaubrun (Fig. 391). Pour le reste, nous nous contentons de figurer quelques formes classiques intéressantes. Les travaux D'ALPERN (1957) et de LIABEUF et ALPERN (1969) apporteront au lecteur une iconographie plus complète.

BACTÉRIES

On doit, ne serait-ce que pour leur intérêt historique fondamental, rappeler que certains des plus anciens travaux sur les bactéries fossiles ont porté sur des organismes provenant du Stéphanien de Grand'Croix.

VAN TIEGHEM (1879), le premier, a signalé la présence de tissus végétaux détruits par des bactéries dans une racine. Mais c'est à RENAULT (1895, 1896 a, b, 1901) que l'on doit les travaux les plus détaillés et encore cités comme références (BANKS *et al.*, 1967).

Entre autres, RENAULT a décrit deux espèces nouvelles : *Micrococcus guinardii* et *M. hymenophagus* qui se développaient dans les bois de *Calamodendron* et dans de nombreuses graines silicifiées de la Grand'Croix (*Rhabdocarpus*, *Ptychotesta*, *Diplotesta*). À noter que ces deux espèces de bactéries ont été reconnues dans les végétaux silicifiés du Permien d'Autun.

DESCRIPTION DES SPORES ET GRAINS DE POLLEN

Les spores et grains de pollen sont répertoriés ci-après dans l'ordre de la classification de POTONIÉ et KREMP (1954), compte tenu des modifications et compléments apportés par PLAYFORD (1971) puis par FOSTER (1975, 1979).

MICROSPORES

SPORES TRILÈTES

Genre *LEIOTRILETES* Naoumova *ex* Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Leiotriletes sphærotriangulus*** (Loose) Potonié et Kremp, 1954.

Spores de contour triangulaire, à côtés concaves ou convexes et sommets arrondis, exine lisse, infraponctuée ou infragranulée.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Sphenopteridaceae* : *Renaultia* (RÉMY, 1957), *Boweria* (KNOX, 1938) ; Gleichéniales : *Oligocarpia* (KIDSTON, 1923 ; ABBOTT, 1934 ; RÉMY & RÉMY, 1957), *Discopteris* (RÉMY & RÉMY, 1957).

Leiotriletes adnatus, KOSANKE, 1950
Leiotriletes convexus, KOSANKE, 1950
Leiotriletes sphærotriangulus (Loose), POTONIÉ & KREMP, 1954
Leiotriletes tumidus, BUTTERWORTH & WILLIAMS, 1958
Leiotriletes sp. (fig. 388 R)

Source : MNHN, Paris

Genre *Calamospora* Schopf, Wilson et Bentall, 1944

ESPÈCE-TYPE. — ***Calamospora hartungiana*** Schopf, 1944.

Spores arrondies, à exine fine toujours plissée, marque trilète située souvent dans une aire de couleur plus foncée.

Affinités botaniques. *Eleutherophyllaceae* (RÉMY, 1960), *Sphenophyllaceae* (HARTUNG, 1933 ; RÉMY, 1955 ; GASTALDO, 1981), *Calamitaceae*, *Equisetaceae* : *Palæostachya* (KIDSTON, 1914), *Calamostachys* (SCOTT, 1920 ; HARTUNG, 1933 ; GOOD, 1975), *Macrostachya* (DOUBINGER, 1961), *Weissistachys* (ROTHWELL & TAYLOR, 1975) *Noeggerathiostrobus* (RÉMY & RÉMY, 1956).

Calamospora mutabilis (Loose), SCHOPF, WILSON & BENTALL, 1944 (fig. 388D)
Calamospora pallida (Loose), SCHOPF, WILSON & BENTALL, 1944
Calamospora pedata, KOSANKE, 1950 (fig. 388F)
Calamospora sp. (fig. 388E)

Genre *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Punctatisporites punctatus*** Ibrahim, 1933.

Spores rondes à exine lisse ou infraponctuée, souvent assez épaisse.

Affinités botaniques. *Pteridophyta* : *Zygopteridaceae* : *Biscalitheca* (MAMAY, 1957), *Sphenopteridaceae* (DARRAH, 1937 ; CARPENTIER, 1938), *Pecopteridaceae* : *Senftenbergia* (RADFORTH, 1938 ; RÉMY & RÉMY, 1956-57), Gleichéniales : *Oligocarpia* (RÉMY & RÉMY, 1956-1957)

Punctatisporites minutus, KOSANKE, 1950
Punctatisporites obesus (Loose), POTONIÉ & KREMP, 1955 (fig. 388B)
Punctatisporites obliquus, KOSANKE, 1950

Genre *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Cyclogranisporites leopoldii*** Kremp, 1954.

Spores rondes, à exine finement granulaire.

Affinités botaniques. *Pteridophyta* : *Zygopteridaceae* : *Biscalitheca* (MAMAY, 1957), *Pecopteridaceae* : *Asterotheca miltonii* (NATHORST, 1908) ; Noeggérathiales (NEMEJC, 1935) ; Ptéridospermales : *Paripteris* (LAVEINE, 1971) ; Osmundales : *Todites* (HARRIS, 1931).

Cyclogranisporites aureus (Loose), POTONIÉ & KREMP, 1955

Genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Granulatisporites granulatus*** Ibrahim, 1933.

Spores de contour triangulaire, à exine ornée de fins granules.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Sphenopterideae* : *Renaultia chaerophylloides* (BROUSMICHE, 1983), *Crossotheca* (CARPENTIER, 1938) ; Gleichénales : *Oligocarpia* (GRAUVOGEL-STAMM & DOUBINGER, 1975), *Botryopteris* (SCHOPF, WILSON & BENTALL, 1944).

Granulatisporites minutus, POTONIÉ & KREMP, 1955

Source : MNHN, Paris

Genre *Lophotriletes* Naoumova *ex* Potonié et Kremp, 1954

Espèce-type. — ***Lophotriletes gibbosus*** Ibrahim, 1933.

Spores triangulaires, à exine fortement et régulièrement ornementée sur toute sa surface par des cônes.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Botryopteris* (Mamay, 1950), *Sphyropteris* (Rémy & Rémy, 1957).

Lophotriletes microsætosus (Loose), Potonié & Kremp, 1954
Lophotriletes mosaicus, Potonié & Kremp, 1955

Genre *Apiculatisporis* Potonié et Kremp, 1956

Espèce-type. — ***Apiculisporites aculeatus*** (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1956.

Spores rondes ou triangulaires, à exine ornée de cônes allongés et toujours assez espacés.
Affinités botaniques inconnues.

Apiculatisporis latigranifer (Loose), Potonié & Kremp, 1956
Apiculatisporis setulosus, Kosanke, 1950

Genre *Spinosisporites* Luber, 1966

Espèce-type. — ***Spinosisporites rectispinus*** Luber, 1966.

Spores rondes, de petite taille, à exine densément couverte de cônes épineux, irréguliers.
Affinités botaniques inconnues.

Spinosisporites hirsutus, Inossova *in* Inossova *et al.*, 1976 (fig. 388K)

Genre *Acanthotriletes* Naoumova *ex* Potonié et Kremp, 1954

Espèce-type. — ***Acanthotriletes ciliatus*** (Knox) Potonié et Kremp, 1954.

Spores de petite taille, triangulaires, à exine ornée de fines épines.
Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Sphyropteris* (Rémy & Rémy, 1957).

Acanthotriletes microspinosus (Ibrahim), Potonié & Kremp, 1955

Genre *Verrucosisporites* Ibrahim, 1933 emend. Smith et Butterworth, 1967

Espèce-type. — ***Verrucosisporites verrucosus***, Ibrahim, 1933.

Spores rondes à exine densément recouverte de *verrucae* de taille irrégulière.

Affinités botaniques. Lépidospermales : *Sporangiostrobus* (Bode, 1928) ; Filicales : *Pecopterideae*, *Acitheca polymorpha* (Laveine, 1970), *Waldenburgia* (Rémy & Rémy, 1957) ; Cœnoptéridales : *Corynepteris* (Rémy, 1955b), *Zygopteris* (Rémy & Rémy, 1957), *Nemejcopteris* (Barthel, 1968).

Verrucosisporites elegans, Inossova *in* Inossova *et al.*, 1976
Verrucosisporites kaipingiensis, Imgrud, 1952
Verrucosisporites microtuberosus (Loose), Smith & Butterworth, 1967
Verrucosisporites pergranulus (Alpern), Smith & Butterworth, 1967 (fig. 388A)
Verrucosisporites sp. (fig. 388P et 391E)

Source : MNHN, Paris

Genre *Converrucosisporites* (Ibrahim, 1933) Potonié et Kremp, 1954

Espèce-type. — ***Converrucosisporites triquetrus*** (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1955.

Spores triangulaires présentant le même type d'ornementation que les *Verrucosisporites*.
Affinités botaniques inconnues.

Converrucosisporites triquetrus (Ibrahim), Potonié & Kremp, 1955

Genre *Raistrickia* Schopf, Wilson et Bentall, 1944

Espèce-type. — ***Raistrikia grovensis*** Schopf *in* Schopf, Wilson et Bentall, 1944.

Spores généralement rondes, ornées de bâtonnets cylindriques de dimensions variables.
Affinités botaniques. Lépidospermales : *Sigillariostrobus* (Bochenski, 1939 ; Rémy & Rettschlag, 1954). *Filicophyta* : *Senftenbergia plumosa* (Radforth, 1938 ; Moore, 1946 ; Rémy, 1955b, Rémy & Rémy 1957 ; Grauvogel-Stamm & Doubinger, 1975), *Ptychocarpus unitus* (Moore, 1946 ; Rémy, 1955b, Rémy & Rémy 1957).

Raistrickia crocea, Kosanke, 1950 (fig. 388C)
Raistrickia polymorpha, Grauvogel-Stamm & Doubinger, 1975 (fig. 388L)
Raistrickia saetosa (Loose), Schopf, Wilson & Bentall, 1944
Raistrickia sp. (fig. 388G)

Genre *Reticulatisporites* Ibrahim 1933

Espèce-type. — ***Reticulatisporites reticulatus*** Ibrahim, 1933.

Spores rondes avec exine ornée d'une sculpture en réseau, à cloisons assez élevées.
Affinités botaniques. *Filicophyta*, Marattiales : *Scolecopteris* (Mamay, 1950) ; Sphénophyllales (Boureau, 1964).

Reticulatisporites sp.

Genre *Microreticulatisporites* Knox, 1950

Espèce-type. — ***Microreticulatisporites reticulatus*** (Ibrahim) Knox, 1950.

Spores rondes ou triangulaires, ornées d'un réseau à mailles fines, denses et parfois irrégulières.
Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Scolecopteris* (Mamay, 1950) ; Noeggérathiales : *Sphenostrobus* (Levittan & Barghoorn, 1948 ; Rémy, 1954 ; Boureau, 1964)

Microreticulatisporites fistulosus (Ibrahim), Knox, 1950
Microreticulatisporites nobilis (Wicher), Knox, 1950

Genre *Crassispora* Bhardwaj, 1957

Espèce-type. — ***Crassispora ovalis*** Bhardwaj, 1957.

Spores rondes, à ornementation fine constituée par de très petits cônes ; un léger épaississement équatorial, peu délimité, ne peut être assimilé à un cingulum.

Source : MNHN, Paris

Affinités botaniques. *Lycopodiophyta* : *Sigillariaceae*, *Sigillariostrobus ciliatus* (CHALONER, 1954 ; BOCHENSKI, 1939 ; RETTSCHLAG & RÉMY, 1954). *Filicophyta* : *Sphenopterideae* : *Crossotheca* (RÉMY & RÉMY, 1954).

Crassispora kosankei (Potonié et Kremp), BHARDWAJ, 1957 (fig. 388Q)

Genre *SAVITRISPORITES* Bhardwaj, 1955

ESPÈCE-TYPE. — ***Savitrisporites triangulus*** Bhardwaj, 1955.

Spores triangulaires ou arrondies présentant un *reticulum* plat, généralement très net, donnant parfois l'impression de former un *cingulum* sur la région équatoriale.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Senftenbergia sturi* (Radforth, 1939).

Savitrisporites camptotus (Alpern), DOUBINGER, 1968

Genre *KNOXISPORITES* Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Knoxisporites hagenii*** Potonié et Kremp, 1954.

Spores triangulaires ou plus ou moins arrondies munie d'un *cingulum* équatorial épaissi ; sur la face distale un anneau épaissi entoure une zone centrale portant en son milieu une pastille épaissie ; 2 ou 3 barres relient cet anneau au *cingulum*.

Affinités botaniques inconnues.

Knoxisporites glomus, SCHWARTZMAN *in* INOSSOVA *et al.*, 1976 (fig. 390J)

Genre *VESTISPORA* Wilson et Hoffmeister, 1958

ESPÈCE-TYPE. — ***Vestispora profunda*** Wilson et Hoffmeister, 1958.

Spores rondes ornées d'un réseau irrégulier plus ou moins net. L'aire portant la marque trilète est parfois recouverte par un opercule : des opercules détachés ont été souvent attribués à tort à des spores de champignons (= *Reticulatasporites*).

Affinités botaniques. Noeggérathiales ? (LEVITTAN & BARGHOORN, 1948), *Sphenopsida* (MAMAY, 1954 ; RÉMY & RÉMY, 1954, 1959 ; BRUSH & BARGHOORN, 1964).

Vestispora fenestrata (Kosanke et Brokow), WILSON & VENKATACHALA, 1963
Vestispora laevigata, WILSON & VENKATACHALA, 1963

Genre *CONVOLUTISPORA* Hoffmeister, Staplin et Malloy, 1955

ESPÈCE-TYPE. — ***Convolutispora florida*** Hoffmeister, Staplin et Malloy, 1955.

Spores rondes dont l'exine est couverte d'un *reticulum* irrégulier et assez épais, les lumières des mailles sont très réduites.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Senftenbergia pennæformis* (LAVEINE, 1969), *Nemejcopteris fœminæformis* (BROUSMICHE, 1983)

Convolutispora recurva, Inossova, 1976

Source : MNHN, Paris

Genre *Cadiospora* (Kosanke) Venkatachala et Bhardwaj, 1964

Espèce-type. — ***Cadiospora magna*** Kosanke, 1950.

Grandes spores rondes, à *cingulum* ; la surface proximale présente des *curvaturae* nettes ; la marque trilète montre des lèvres épaisses, l'exine épaisse porte des granules irrégulièrement répartis.

Affinités botaniques inconnues.

Cadiospora magna, Kosanke, 1950 (fig. 388S)
Cadiospora sp. (fig. 390 C)

Genre *Ahrensisporites* Potonié et Kremp, 1954

Espèce-type non désignée.

Spores triangulaires présentant un bourrelet de l'exine en forme d'arcs reliant les extrémités de la marque trilète.

Affinités botaniques inconnues.

Ahrensisporites sp.

Genre *Triquitrites* Wilson et Coë 1940

Espèce-type. — ***Triquitrites arculatus*** Wilson et Coë 1940.

Spores triangulaires à exine lisse ou ornée avec des épaississements angulaires de formes variées.

Affinités botaniques. *Filicophyta, Matoniaceae* : *Phlebopteris* (Sahni & Sithslet, 1945).

Triquitrites ornatus, Pi-Radondy & Doubinger, 1968 (fig. 388 O)
Triquitrites pulvinatus (Kosanke), Potonié & Kremp, 1955
Triquitrites spinosus (Kosanke), Helby, 1966 (fig. 388N)
Triquitrites triturgidus (Loose), Potonié & Kremp, 1955

Genre *Mooreisporites* Neves, 1958

Espèce-type. — ***Mooreisporites fustis*** Neves, 1958.

Spores triangulaires qui se distinguent des *Triquitrites* par l'allure digitée des épaississements angulaires.

Affinités botaniques inconnues.

Mooreisporites inusitatus (Kosanke), Neves, 1958

Genre *Firmysporites* Pi-Radondy et Doubinger, 1968

Espèce-type. — ***Firmysporites irregularis*** Pi-Radondy et Doubinger, 1968.

Spores triangulaires à exine épaissie aux angles et recouvertes sur toute leur surface par un reticulum irrégulier et imparfait.

Affinités botaniques inconnues.

Firmysporites irregularis, Py-Radondy & Doubinger, 1968

Source : MNHN, Paris

Genre *Westphalensisporites* Alpern, 1958

Espèce-type. — ***Westphalensisporites irregularis*** Alpern, 1958.

Spores triangulaires aux côtés concaves, avec un cingulum large et irrégulier.
Affinités botaniques inconnues.

Westphalensisporites irregularis, Alpern, 1958

Genre *Lundbladispora* Balme, 1963

Espèce-type. — ***Lundbladispora wilmottii*** Balme, 1963.

Spores arrondies munies d'un cingulum que borde une zone externe plus fine. Granulations espacées sur toute la surface ; parfois on note des papilles dans les angles de la marque trilète.
Affinités botaniques : *Lycopodiophyta* : *Mazocarpon*, *Sigillariaceae* (Schopf, 1941).

Lundbladispora gigantea (Alpern), Doubinger, 1968 (fig. 391M)

Genre *Lycospora* Schopf, Wilson et Bentall, 1944 emend. Somers, 1972

Espèce-type. — ***Lycospora micropapillata*** Schopf, Wilson et Bentall, 1944.

Petites spores plus ou moins arrondies, à cingulum étroit et bordé extérieurement par une zone membraneuse ; ornementation en granules sur toute la surface.
Affinités botaniques : Lépidophytales : *Lepidostrobus* (Knox, 1938 ; Moore, 1946 ; Felix, 1954 ; Sen, 1957 ; Taylor & Eggert, 1969), *Lepidocarpon* (Andrews & Pannel, 1942 ; Felix, 1954).

Lycospora pusilla (Ibrahim), Somers, 1972 (fig. 388I)

Genre *Cristatisporites* Potonié et Kremp, 1956 emend. Butterworth *et al.*, 1964

Espèce-type. — ***Cristatisporites indignabundus*** Ibrahim, 1933.

Spores rondes à triangulaires, munies d'un cingulum large et épais ; ornementation en cônes plus foncés, répartis sur toute la surface et formant saillies sur le pourtour.
Affinités botaniques. *Lycopodiophyta* (Chaloner, 1963).

Cristatisporites indignabundus (Ibrahim), Potonié & Kremp, 1956

Genre *Densosporites* Berry, 1937 emend. Butterworth *et al.*, 1964

Espèce-type. — ***Densosporites covensis*** Berry, 1937.

Spores rondes ou triangulaires munies d'un cingulum large et épais, nettement plus sombre que la partie centrale ; ornementation de l'exine en granules.
Affinités botaniques. *Lycopodiophyta* herbacées, *Selaginellites* (Chaloner, 1958 ; Bhardwaj, 1958).

Densosporites sphærotriangularis, Kosanke, 1950 (fig. 388M)

Source : MNHN, Paris

Genre *Polymorphisporites* Alpern, 1958

Espèce-type. — ***Polymorphisporites laevigatus*** Alpern, 1958.

Grandes spores triangulaires ou plus ou moins arrondies, à cingulum large et épais, à exine épaisse de couleur sombre, lisse, tachetée ou réticulée.

Affinités botaniques inconnues.

Polymorphisporites laevigatus, Alpern, 1958 (fig. 388T)
Polymorphisporites ornatus, Alpern, 1958
Polymorphisporites reticuloides, Alpern, 1958

Genre *Cirratriradites* Wilson et Coë, 1940

Espèce-type. — ***Cirratriradites maculatus*** Wilson et Coë, 1940.

Grandes spores triangulaires ou plus ou moins arrondies, à cingulum étroit, bordé vers l'extérieur d'une zone membraneuse assez large. La marque trilète atteint l'équateur. Le pôle distal peut présenter une à trois *foveae* nettement délimitées.

Affinités botaniques. *Selaginellites* (Zeiller, 1906 ; Hoskins & Abbott, 1956 ; Chaloner, 1954).

Cirratriradites annuliformis (Kosanke et Brokow), Kosanke, 1950
Cirratriradites ornatus (Luber), Hart, 1965
Cirratriradites sp. (fig. 390E)

Genre *Angulisporites* Bhardwaj, 1954

Espèce-type. — ***Angulisporites splendidus*** Bhardwaj, 1954.

Grandes spores triangulaires à large cingulum plus clair que le corps central ; exine ornée de granules sur toute la surface de la spore ; marque trilète atteignant l'équateur.

Affinités botaniques. Probablement *Lycopodiophyta.*

Angulisporites splendidus, Bhardwaj, 1954

Genre *Endosporites* Wilson et Coë, 1940

Espèce-type. — ***Endosporites ornatus*** Wilson et Coë, 1940.

Grandes spores cavates rondes, à corps central relativement petit par rapport à la zone membraneuse. Marque trilète atteignant parfois l'équateur. Limbe net sur la périphérie de la zone.

Affinités botaniques. *Lycopodiophyta* : *Lepidostrobus zea* syn. *Polysporia mirabilis* (Chaloner, 1953, 1958 ; Taylor, 1973).

Endosporites ornatus, Wilson & Coë, 1940.
Endosporites *sp.* (fig. 390A)

Source : MNHN, Paris

SPORES MONOLÈTES

Genre *LAEVIGATOSPORITES* Ibrahim, 1933 emend. Alpern et Doubinger, 1973

ESPÈCE-TYPE. — ***Laevigatosporites vulgaris*** Ibrahim, 1933.

Spores ovales, parfois en forme de haricot, à exine lisse ou infraponctuée ; marque monolète rectiligne.

Affinités botaniques. *Sphenophyllaceae* (ANDREWS & MAMAY, 1951 ; STORCH, 1980), *Asterophyllites* (REED, 1938), *Filicophyta* (*Pecopteris*) ; *Asterotheca cyathea* (DOUBINGER, 1961 ; LAVEINE, 1970), *Asterotheca hemitelioides* (LAVEINE, 1969), *Asterotheca pectinata*, *Asterotheca saraefolia* (LAVEINE, 1969), *Asterotheca arborescens* (LAVEINE, 1970), *Ptychocarpus unitus* (DARRAH, 1952 ; RÉMY & RÉMY, 1957 ; LAVEINE, 1970)

Laevigatosporites maximus (Loose), POTONIÉ & KREMP, 1956
Laevigatosporites perminutus, ALPERN, 1958
Laevigatosporites vulgaris (Ibrahim), ALPERN & DOUBINGER, 1973

Genre *PUNCTATOSPORITES* Ibrahim, 1933 emend. Alpern et Doubinger, 1973

ESPÈCE-TYPE. — ***Punctatosporites minutus*** Ibrahim, 1933.

Petites spores à exine ponctuée ou finement granulaire et fente monolète rectiligne.

Affinités botaniques. *Filicophyta* (*Pecopteris*) : *Asterotheca arborescens* (LAVEINE, 1970), *Asterotheca cyathea* (DOUBINGER, 1961, LAVEINE, 1970), *Asterotheca hemitelioides* (LAVEINE, 1969), *Asterotheca platoni* (DOUBINGER, 1961), *Asterotheca saraefolia* (LAVEINE, 1969), *Ptychocarpus unitus* (DARRAH, 1952 ; RÉMY & RÉMY, 1957 ; LAVEINE, 1970), *Scolecopteris densifolia* (BARTHEL, 1967).

Punctatosporites granifer (Potonié et Kremp), ALPERN & DOUBINGER, 1973
Punctatosporites rotundus (Bhardwaj), ALPERN & DOUBINGER, 1973

Genre *SPINOSPORITES* Alpern., 1958

ESPÈCE-TYPE. — ***Spinosporites spinosus*** Alpern, 1958.

Spores ovales à exine densément recouverte d'épines fines et régulières ; fente monolète rectiligne mais souvent masquée par l'ornementation.

Affinités botaniques. *Filicophyta* : *Pecopteris permica* (BARTHEL, 1967).

Spinosporites exiguus, UPSHAW & HEDLUND, 1967 (fig. 388J)
Spinosporites spinosus, ALPERN, 1958 (fig. 388H)

Genre *THYMOSPORA* Wilson et Venkatachala, 1963 emend. Alpern et Doubinger, 1973

ESPÈCE-TYPE. — ***Thymospora thiesseni*** (Kosanke) Wilson et Venkatachala, 1963.

Petites spores rondes ou ovales à exine recouverte de verrues de taille variable ; fente monolète le plus souvent noyée dans l'ornementation.

Source : MNHN, Paris

Affinités botaniques. *Filicophyta* (*Pecopteris*) : *Asterotheca hemitelioides* (BARTHEL, 1967 ; DOUBINGER & GRAUVOGEL-STAMM, 1971).

Thymospora obscura (Kosanke), WILSON & VENKATACHALA, 1963
Thymospora pseudothiesseni (Kosanke), WILSON & VENKATACHALA, 1963
Thymospora thiesseni (Kosanke), WILSON & VENKATACHALA, 1963

Genre *TORISPORA* Balme, 1952 emend. Alpern, Doubinger et Horst, 1965

ESPÈCE-TYPE. — ***Torispora securis*** Balme 1952.

Petites spores ovales ou en forme de poire ou de gland, dont l'une des extrémités est fortement épaissie et de couleur très sombre ; parfois l'épaississement est latéral. L'exine peut être lisse, ponctuée, grenue ou verruqueuse ; la fente généralement rectiligne peut être trilétoïde.

Affinités botaniques. *Filicophyta* (*Pecopteris*) : *Asterotheca saraefolia* (LAVEINE, 1969).

Torispora laevigata, BHARDWAJ, 1957
Torispora securis (Balme), ALPERN, DOUBINGER & HORST, 1965

Genre *SPECIOSOSPORITES* (Imgrund) Potonié et Kremp, 1954

Espèce-type non désignée.

Petites spores ovales entourées d'un cingulum étroit, régulier et assez épais ; l'exine est granulée ou verruqueuse.

Affinités botaniques. *Filicophyta* (*Pecopteris*) : *Asterotheca saraefolia* (LAVEINE, 1969).

Speciososporites plicatus, ALPERN, 1958
Speciososporites triletoides, ALPERN, 1958

Genre *EXTRAPUNCTATOSPORITES* Krutzsch, 1959

ESPÈCE-TYPE. — ***Extrapunctatosporites extrapunctoides*** Krutzsch, 1959.

Grandes spores monolètes ($\pm$ 84 µm), à exine ponctuée, tachetée ou densément granulaire.

Affinités botaniques inconnues.

Extrapunctatosporites microtuberosus, AGRALI & AKYOL, 1967

Genre *COLUMINISPORITES* Peppers, 1964

ESPÈCE-TYPE. — ***Columinisporites ovalis*** Peppers, 1964.

Spores ovales ; dans le sens de la longueur courent 3 à plusieurs crêtes irrégulières parfois anastomosées ; des stries plus fines et plus nombreuses relient les crêtes transversalement.

Affinités botaniques inconnues.

Columinisporites heyleri (Doubinger), ALPERN & DOUBINGER, 1973
Columinisporites peppersii, ALPERN & DOUBINGER, 1973
Columinisporites sp. (Fig. 391P)

Source : MNHN, Paris

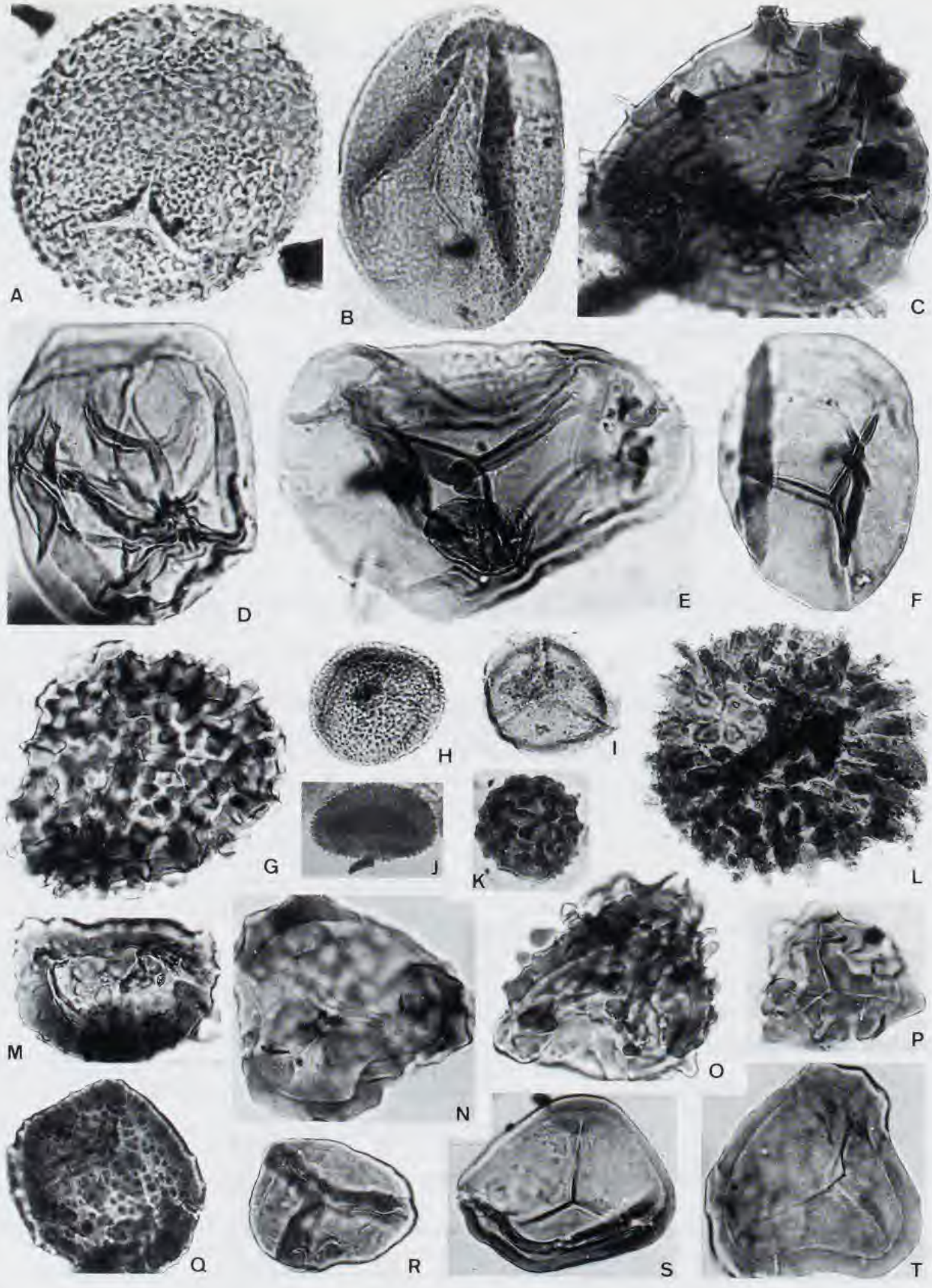


FIG. 388. — (× 500) : Quelques spores caractéristiques du « Forézien » — *Some "Forezian" characteristic spores.* A : *Verrucosisporites pergranulus* ; B : *Punctatisporites obesus* ; C : *Raistrickia crocea* ; D : *Calamospora mutabilis* ; E : *Calamospora* sp. ; F : *Calamospora pedata* ; G : *Raistrickia* sp. ; H : *Spinosporites spinosus* ; I : *Lycospora pusilla* ; J : *Spinosporites exiguus* ; K : *Spinosisporites hirsutus* ; L : *Raistrickia polymorpha* ; M : *Densosporites sphaerotriangularis* ; N : *Triquitrites spinosus* ; O : *Triquitrites ornatus* ; P : *Verrucosisporites* sp. ; Q : *Crassispora kosankei* ; R : *Leiosporites* sp. ; S : *Cadiospora magna* ; T : *Polymorphisporites laevigatus.*

Source : MNHN, Paris

Genre *Striatosporites* Bhardwaj, 1954

Espèce-type. — ***Striatosporites major*** Bhardwaj, 1954.

Spores à contour ovale ou en forme de haricot ; l'exine est parcourue par deux systèmes de canaux : les uns, peu nombreux, sont parallèles à la fente monolète, les autres, plus fins et plus denses, sont plus ou moins perpendiculaires aux précédents.

Affinités botaniques inconnues.

Striatosporites major, Bhardwaj, 1954

Grains de pollen monosaccates

Genre *Florinites* Schopf, Wilson et Bentall, 1944

Espèce-type. — ***Florinites antiquus*** Schopf, 1944.

Grains de pollen comportant un seul sac à air (ballonnet) sans limbe ne recouvrant pas le corps central sur une partie de la face distale. La marque trilète proximale est souvent peu nette ou invisible.

Affinités botaniques. Cordaitales : *Cordaianthus* (Florin, 1936 ; Darrah, 1952 ; Daghlian & Taylor, 1979 ; Taylor & Eggert, 1969) ; Pteridospermatophyta : *Dictyothalamus* (Rémy & Rémy, 1958).

Florinites mediapudens (Loose), Potonié & Kremp, 1956 (fig. 391C)
Florinites minutus, Bhardwaj, 1957 (fig. 389I)
Florinites pumicosus, (Ibrahim), Schopf, Wilson & Bentall, 1944 (fig. 389F)
Florinites sp.

Genre *Potonieisporites* Bhardwaj, 1954

Espèce-type. — ***Potonieisporites novicus*** Bhardwaj, 1954.

Grains de pollen ovales, monosaccates, corps central rond, avec une fente longitudinale parfois trilétoïde ; l'insertion distale du ballonnet est soulignée par deux plis perpendiculaires au grand axe du grain.

Affinités botaniques. Coniférales : « *Lebachia* » (Bhardwaj, 1964) ; *Ernestiodendron*, *Walchianthus* (Florin, 1936-1940).

Potonieisporites bhardwajii, Rémy & Rémy, 1961
Potonieisporites novicus, Bhardwaj, 1954 (fig. 391A)

Genre *Wilsonites* (Kosanke) Kosanke, 1959

Espèce-type. — ***Wilsonites vesicatus*** Kosanke, 1959.

Grains de pollen monosaccates de contour circulaire et marque trilète nette ; entre le corps central et le sac, limite peu marquée.

Affinités botaniques inconnues.

Wilsonites vesicatus, Kosanke, 1959 (fig. 389C, fig. 391B)
Wilsonites ephemerus, Tschudy & Kosanke, 1966
Wilsonites sp. (fig. 389 D, E)

Source : MNHN, Paris

Genre *Guthoerlisporites* Bhardwaj, 1954

Espèce-type. — ***Guthoerlisporites magnificus*** Bhardwaj, 1954.

Grains de pollen monosaccates, de contour circulaire et marque trilète nette ; l'insertion du ballonnet est soulignée par trois plis entourant le corps central.

Affinités botaniques inconnues.

Guthoerlisporites magnificus, Bhardwaj, 1954 (fig. 389B)

Genre *Candidispora* Venkatachala, 1963

Espèce-type. — ***Candidispora candida*** Venkatachala, 1963.

Grains de pollen monosaccates et trilètes se distinguant de *Guthoerlisporites* par un contour plus ovale et la présence d'un bourrelet circulaire non plissé autour du corps central.

Affinités botaniques inconnues.

Candidispora candida, Venkatachala, 1963 (fig. 389A)

Genre *Latensina* Luber, 1953

Espèce-type non désignée.

Grains de pollen monosaccates comprenant un corps central granulaire enveloppé d'un sac formant une bordure étroite à ornementation radiaire ; insertion soulignée par une ligne concentrique noire ; marque trilète petite, souvent indistincte.

Affinités botaniques inconnues.

Latensina trileta, Alpern, 1959 (fig. 389M, 390F)
Latensina sp.

Grains de pollen

bisaccates

Genre *Pityosporites* (Seward) Potonié et Klaus, 1954

Espèce-type. — ***Pityosporites antarcticus*** Seward 1910.

Grains de pollen bisaccates, à ballonnets rejetés sur le côté distal ; marque trilète le plus souvent indistincte.

Affinités botaniques. Corystospermales : *Pteruchus* (Thomas, 1933).

cf. ***Pityosporites communis***, Tschudy & Kosanke 1966

Genre *Vesicaspora* Schemel, 1951

Espèce-type. — ***Vesicaspora wilsonii*** Schemel 1951.

Grains de pollen bisaccates ; les ballonnets rejetés du côté distal sont très rapprochés et reliés subéquatorialement ce qui leur donne parfois une allure monosaccate ; pas de marque trilète visible.

Source : MNHN, Paris

Affinités botaniques. Peltaspermales : *Idanothekion* (MILLAY & EGGERT, 1970) et *Callistophyton* (MILLAY & TAYLOR, 1974).

Vesicaspora ovata, BALME, 1970
Vesicaspora sp. (fig. 390G, 391J)

Genre *HAMIAPOLLENITES* Wilson, 1962, emend. Tschudy et Kosanke, 1966

ESPÈCE-TYPE. — ***Hamiapollenites saccatus*** Wilson, 1962.

Grains de pollen bisaccates à ballonnets très détachés du corps central. Ce dernier porte des stries horizontales et souvent trois plis perpendiculaires aux stries.

Affinités botaniques inconnues.

Hamiapollenites sp.

Genre *LIMITISPORITES* Leschik, 1956 emend. Klaus, 1963

ESPÈCE-TYPE. — ***Limitisporites rectus*** Leschik, 1956.

Grains de pollen à ballonnets opposés, à insertion soulignée par deux plis parallèles, perpendiculaires au grand axe du pollen ; marque monolète nette.

Affinités botaniques. Coniférales : *Ullmannia* (GREBE & SCHWEITZER, 1964).

Limitisporites cf. ***leschikii***, KLAUS, 1963
Limitisporites sp. (fig. 389G, 390I)

Genre *ILLINITES* (Kosanke) Potonié et Kremp, 1954

ESPÈCE-TYPE. — ***Illinites unicus*** Kosanke, 1950.

Grains de pollen bisaccates ; le corps central porte sur sa face proximale une marque trilète dont la branche médiane est réduite, parfois absente, et deux plis transversaux sur la face distale.

Affinités botaniques : Peltaspermales ; des sporanges *d'Autunia conferta* ont livré des grains de pollen proches d'*Illinites unicus*, *Thuringia callipteroides* (RÉMY, 1953, 1954a).

Illinites unicus, KOSANKE, 1950 (fig. 390D)

Genre *COMPLEXISPORITES* Jizba, 1962

ESPÈCE-TYPE. — ***Complexisporites polymorphus*** Jizba, 1962.

Grains de pollen bisaccates à ballonnets très jointifs ce qui donne aux grains un aspect presque monosaccate. Le corps central porte quelques stries irrégulières, il est nettement délimité par un étroit sillon circulaire.

Affinités botaniques inconnues.

Complexisporites polymorphus, JIZBA, 1962 (fig. 390H)

Source : MNHN, Paris

Genre *Gardenasporites* Klaus, 1963

Espèce-type. — ***Gardenasporites heisselii*** Klaus, 1963.

Grains de pollen bisaccates à ballonnets subopposés, corps central à exine mince, de teinte peu distincte de celle des ballonnets ; fente monolète nette, s'étendant sur toute la largeur du corps central. Affinités botaniques inconnues.

Gardenasporites heisselii, Klaus, 1963 (fig. 391D)
Gardenasporites cf. ***leonardii***, Klaus, 1963

Genre *Sulcatisporites* Leschik, 1955 emend. Nilsson, 1958

Espèce-type. — ***Sulcatisporites interpositus*** Leschik, 1955.

Grains de pollen bisaccates à ballonnets très jointifs ne laissant voir qu'une *cappula* étroite et linéaire.

Affinités botaniques inconnues.

Sulcatisporites sp. (fig. 391L)

Genre *Alatisporites* Ibrahim, 1933

Espèce-type. — ***Alatisporites pustulatus*** Ibrahim, 1933.

Grains de pollen présentant trois ballonnets ; marque trilète couvrant toute la surface du corps central ; exine ponctuée, perpendiculaire ou verruqueuse.

Affinités botaniques inconnues.

Alatisporites verrucosus, Alpern, 1954

Monocolpates

Genre *Cycadopites* Wodehouse *ex* Wilson et Webster, 1946

Espèce-type. — ***Cycadopites follicularis*** Wilson et Webster, 1946.

Grains de pollen fusiformes, munis d'un sillon (ou colpe) longitudinal, exine lisse ou granulaire.

Affinités botaniques. Cycadales, *Ginkgophyta*, Bennettitales, Nilssoniales (Couper, 1958), Peltaspermales (Townrow, 1960).

Cycadopites sp. (fig. 389K, L ; 391N))

Genre *Cheileidonites* Doubinger, 1957

Espèce-type. — ***Cheileidonites potoniei*** Doubinger, 1957.

Grains de pollen monocolpates avec un sillon presque jointif dans la partie médiane, élargi aux extrémités ; exine lisse.

Affinités botaniques. Cycadales ? *Ginkgophyta* ?

Cheileidonites gigantea Pi-Radondy & Doubinger, 1957

Source : MNHN, Paris

Genre *Schopfipollenites* Potonié et Kremp, 1951

Espèce-type. — ***Schopfipollenites ellipsoides*** (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1954.

Grains de pollen (> 100 µm) monocolpates ovales à paroi à structure complexe qui leur confère un aspect spongieux.

Affinités botaniques. Ptéridospermales, Medullosaceae : *Dolerotheca*, *Halletheca*, *Retinotheca*, *Aulacitheca*, *Whittleseya* (Renault, 1896 ; Halle, 1933 ; Schopf, 1948 ; Taylor, 1971, 1976).

Schopfipollenites ellipsoides (Ibrahim), Potonié & Kremp, 1954 (fig. 390B)
Schopfipollenites tenuis, Pi-Radondy & Doubinger, 1968

Polyplicates

Genre *Vittatina* (Luber) Wilson 1962

Espèce-type. — ***Vittatina subsaccata*** (Samoilovich) Wilson, 1962.

Grains de pollen de contour arrondi ou ovale présentant de 10 à 15 côtes longitudinales et perpendiculaires à ces côtes, trois bandes épaissies.

Affinités botaniques. Peltaspermales : *Tatarina* (Meyen & Gomankov, 1980 ; Meyen, 1987).

Vittatina costabilis, Wilson, 1962 (fig. 391F)
Vittatina nova, Helby, 1966
Vittatina sp. (fig. 391I)

Genre *Costapollenites* Tschudy et Kosanke, 1966

Espèce-type. — ***Costapollenites ellipticus*** Tschudy et Kosanke, 1966.

Pollen de contour ovale, formé d'un corps central ovale, de couleur sombre, portant sur sa face proximale environ 8 à 11 côtes parallèles à son grand axe ; saccus recouvrant la face distale et formant un bord étroit autour de la face proximale ; fente monolète plus ou moins visible.

Affinités botaniques inconnues.

Costapollenites ellipticus, Tschudy & Kosanke, 1966 (fig. 391G, K)

Genre *Ephedripites* Bolkhovitina *ex* Potonié, 1958

Espèce-type. — ***Ephedripites mediolobatus*** Bolkhovitina, 1953.

Grain de pollen de contour très allongé, se rétrécissant aux extrémités qui sont plus ou moins arrondies ; côtes longitudinales en nombre variable, parfois anastomosées ou subdivisées.

Affinités botaniques inconnues.

Ephedripites sp. (fig. 391O)

Source : MNHN, Paris

Incertae sedis

Genre *Centonites* Peppers, 1964

Espèce-type. — ***Centonites symetricus*** Peppers, 1964.

Microfossiles probablement d'origine végétale composés de 5 à 15 segments séparés par des sillons bordés par des crêtes. Leur taille peut varier de 50 à 120 μm.

Centonites symetricus, Peppers, 1964

Genre *Lancettopsis* Mädler, 1963

Espèce-type. — ***Lancettopsis lanceolata*** Mädler, 1963.

Grandes formes en fuseau pouvant atteindre 350 μm.

Lancettopsis lanceolata, Mädler, 1963 (fig. 389J)

Mégaspores

Dans le bassin de Saint-Étienne, il n'a pas été fait de recherche systématique de mégaspores. Lamotte (1963) mentionne leur présence dans plusieurs sondages à la base du faisceau des Combes, mais il n'en fait aucune description. Au cours de nos recherches, des mégaspores, conservées en compression à côtés des feuillages, ont été repérées à divers niveaux du faisceau de Gruner (2e à 7e Gruner, 8e Gruner, 13e Gruner), ainsi que dans le faisceau des Littes. Leur identification précise n'a pas été possible. Une étude plus fouillée de ces fossiles reste donc à faire. Dans un silex de Grand'Croix, Galtier a pu identifier des coupes de mégaspores du genre *Valvisisporites*.

Genre *Valvisisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1955

Grandes spores (700 à 1000 μm de diamètre) de contour triangulaire ; dans les prolongements des branches de la marque trilète, petites expansions semi-circulaires pouvant être lisses ou diversement ornées.

Valvisisporites auritus (Zerndt), Potonié & Kremp 1955

Affinités botaniques. Des mégaspores de ce type ont été isolées par Chaloner (1958) à partir d'un cône de *Lycopodiophyta*, *Polysporia mirabilis* Newberry, 1973. La partie supérieure du même cône a livré des microspores de type *Endosporites globiformis* (Ibrahim) Potonié et Kremp, 1965.

Il faut noter que des mégaspores de même type ont été identifiées dans le charbon de la grande couche Marmottan du bassin stéphanien de Carmaux (Fournet de Tosecq & Doubinger, 1965).

Remarques. — Les cônes de *Polysporia mirabilis* ont été identifiés au Westphalien A-C des USA et de Grande-Bretagne (Boureau, 1967 : 662-663). Sous le nom de *Chaloneria* nov. gen., Pigg et Rothwell (1983) décrivent ce cône du Westphalien A au Pennsylvanien supérieur compris. Les *Endosporites* sont généralement assez rares dans le bassin de la Loire ; toutefois, deux niveaux riches en microspores de ce type ont été notés par Liabeuf et Alpern (1969) dans la grande couche Marseille (faisceau des Littes) et par Doubinger et Alvarez-Ramis (1980) dans un niveau

Source : MNHN, Paris

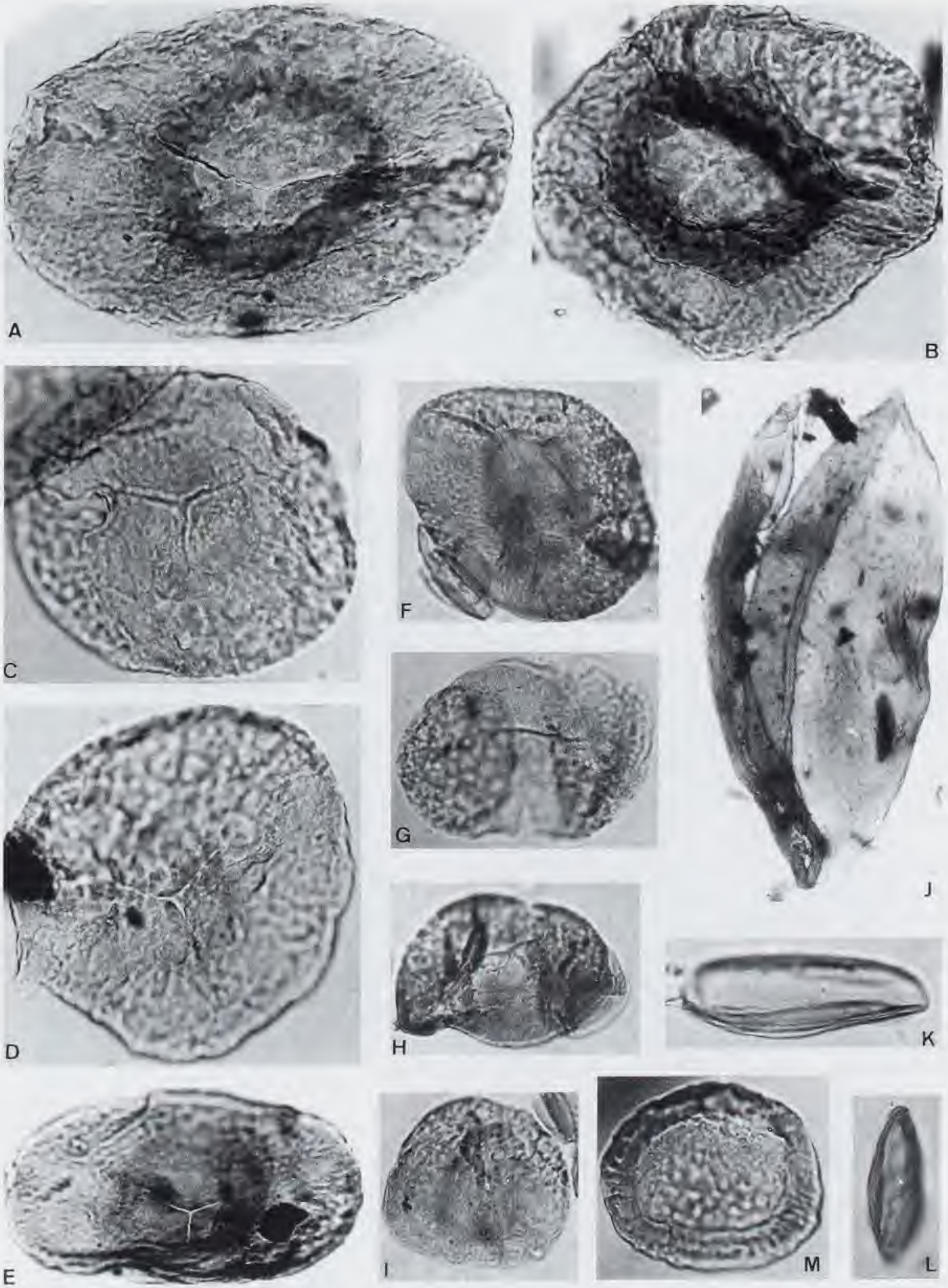


FIG. 389. — (× 500) : Quelques grains de pollen caractéristiques du « Forézien » — *Some "Forezian" characteristic pollen grains.* A : *Candidispora candida* ; B : *Guthoerlisporites magnificus* ; C : *Wilsonites vesicatus* ; D, E : *Wilsonites* sp. ; F : *Florinites pumicosus* ; G : *Limitisporites* sp. ; H : Bisaccate *incertae sedis* ; I : *Florinites minutus* ; J : *Lancettopsis lanceolata* ; K, L : *Cycadopites* sp. ; M : *Latensina trileta.*

Source : MNHN, Paris

charbonneux des couches rouges du Jardin des Plantes (72 %), formation terminale du bassin. Les *Endosporites* ont été également trouvées par GALTIER, en association avec les mégaspores de *Valvisisporites* dans le silex de Grand'Croix, niveau où elles avaient été signalées par DANZÉ et LAVEINE (1962).

COMMENTAIRES

Dans cet ensemble de 65 genres et 108 espèces, la prédominance des spores de *Pteridophyta* — une quarantaine de genres — est remarquable. Parmi ces spores de *Pteridophyta*, la variété des spores trilètes doit être soulignée. Toutefois, si on prend en compte les pourcentages relatifs moyens des genres représentés, seuls *Calamospora*, *Verrucosisporites*, *Triquitrites*, *Lycospora*, *Densosporites*, *Savitrisporites* affichent un pourcentage égal ou supérieur à 5 %. Les pourcentages les plus élevés sont enregistrés dans l'assise de Rive de Gier, pour *Lycospora* : 41 % et *Densosporites* : 32 %. *Densosporites* et *Lycospora* sont des spores produites par des *Lycopodiophyta* (CHALONER, 1962 ; SOMERS, 1971).

Les spores monolètes, moins diversifiées spécifiquement, représentent la grande masse du matériel palynologique de l'Assise des couches de Saint-Étienne, en particulier dans le faciès charbon. Le genre *Laevigatosporites* peut y atteindre une fréquence de 72 %, *Thymospora* : 57 %, *Punctatosporites* : 37 %. Dans la 15^e Gruner, cette importance des monolètes est déjà bien exprimée chez *Thymospora* : 30 %, *Laevigatosporites* : 25 %, *Punctatosporites* : 9 %. *Punctatosporites*, *Thymospora*, *Spinosporites* sont des spores de *Filicophyta*, plus particulièrement de *Pecopteris* (LAVEINE, 1969a et b ; DOUBINGER & GRAUVOGEL-STAMM, 1971). Les caractères les plus marqués des microspores sont donc bien en accord avec la composition de la macroflore.

La représentation massive des monolètes est l'une des caractéristiques des assises terminales ou supérieures du Houiller, non seulement à Saint-Étienne, mais dans la plupart des bassins stéphaniens, Decazeville, Blanzy-Montceau, Decize, Cévennes (ALPERN & DOUBINGER, 1973 ; CLAYTON *et al.*, 1977 ; LANGIAUX, 1984 ; LIGOUIS & DOUBINGER, 1991), ainsi que dans les Pyrénées catalanes (BROUTIN *et al.*, 1986). Des fréquences très élevées de spores monolètes (*Thymospora* : 35 %, *Laevigatosporites* : 49 %) ont été également observées aux USA (DICKEY & GUPTA, 1980) dans des charbons du Pennsylvanien terminal du Texas (Newcastle coal) et de West Virginia (Fish Creek coal) dans les Appalaches.

L'ensemble de ces études souligne nettement l'individualité de l'association de Rive de Gier (zone 1 de LIABEUF & ALPERN) et précise la coupure entre cet ensemble et la microflore suivante. En revanche, la limite entre les zones 2 et 3 s'estompe notablement. Dans toute l'assise des couches de Saint-Étienne ainsi que dans le faisceau de Bellevue, la microflore est largement dominée par les spores monolètes. Cette monotonie est toutefois interrompue à plusieurs reprises (3-4 fois) par des passées dont la microflore est à prépondérance de pollens saccates et de cachet typiquement « autunien ».

Du point de vue palynostratigraphique, deux unités seulement s'affirment (et non 3 ou 4) : une unité inférieure qui garde encore des survivances de la flore westphalienne et une unité supérieure dans laquelle s'annonce déjà la flore du Permien inférieur.

Source : MNHN, Paris

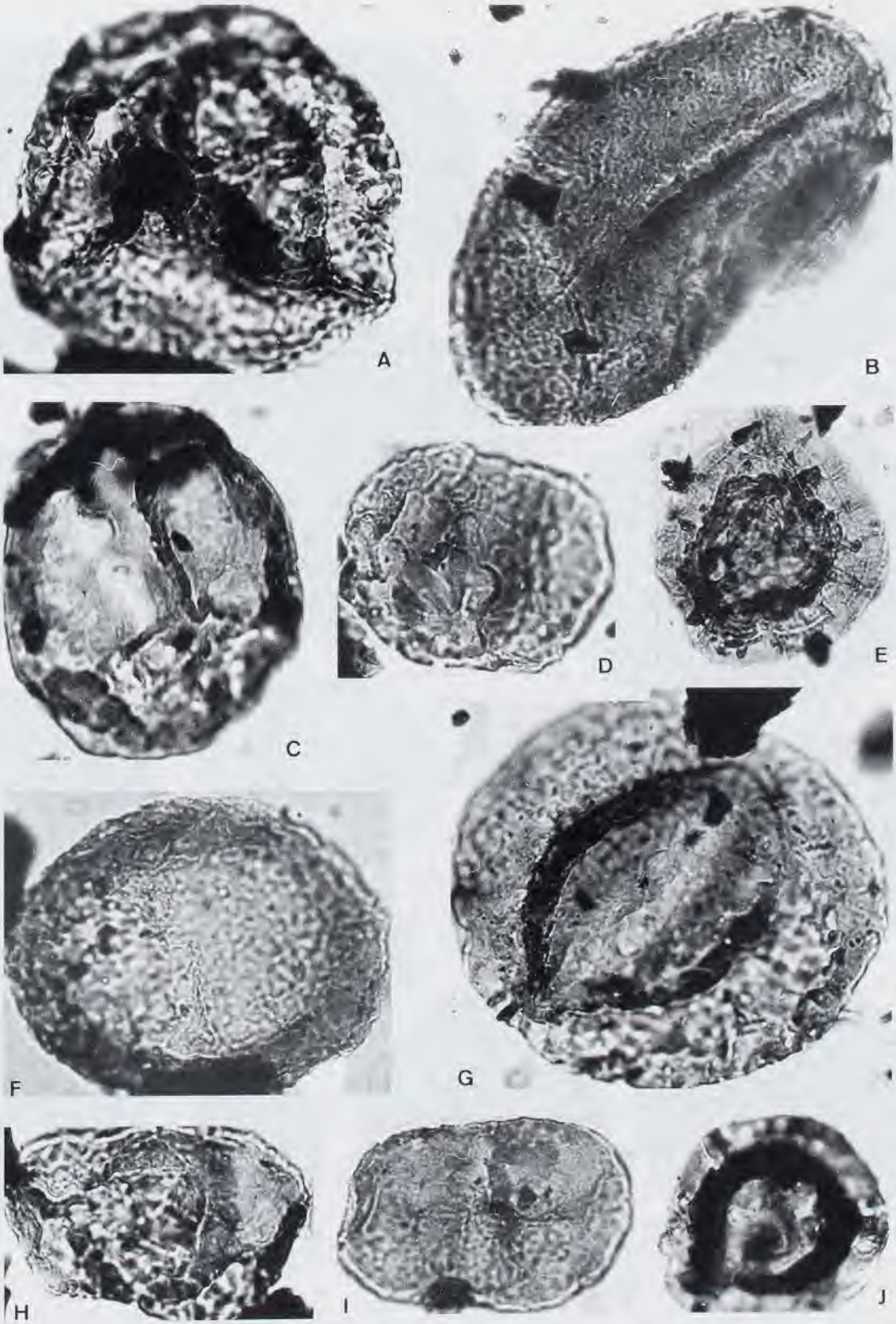


FIG. 390. — (× 500) : Association palynologique d'un niveau bitumineux de l'assise de « Rive de Gier » — *Palynological association from a "Rive de Gier" bituminous horizon.* A : *Endosporites* sp. ; B : *Schopfipollenites ellipsoides* ; C : *Cadiospora* sp. ; D : *Illinites unicus* ; E : *Cirratriradites* sp. ; F : *Latensina trileta* ; G : *Vesicaspora* sp. ; H : *Complexisporites polymorphus* ; I : *Limitisporites* sp. ; J : *Knoxisporites glomus.*

Source : MNHN, Paris

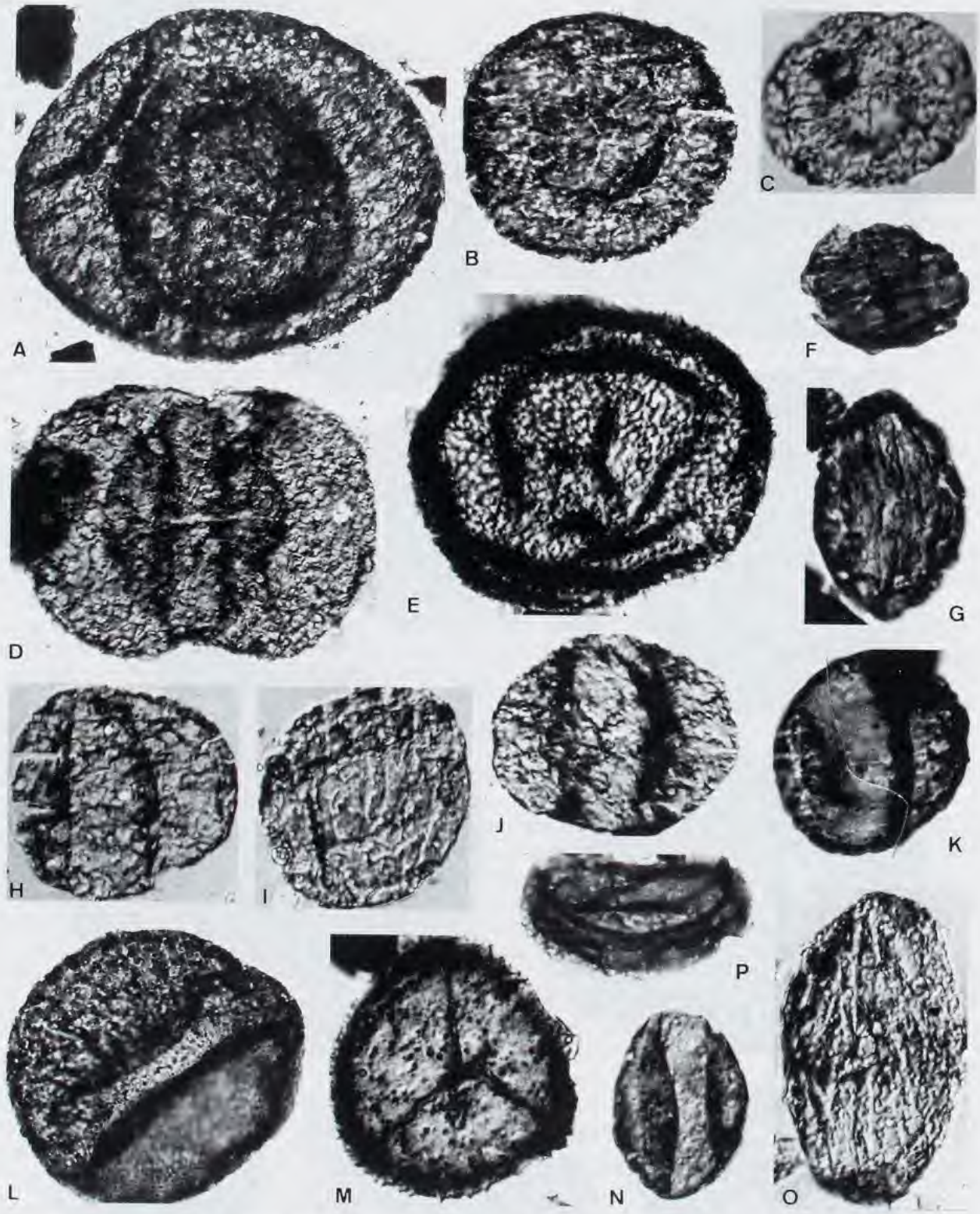


FIG. 391. — (× 500) : Horizon lacustre du faisceau de Beaubrun : association palynologique de caractéristiques « autuniennes » — *Beaubrun coal seam lacustrine horizon: "Autunian" like palynological association.* A : *Potonieisporites novicus* ; B : *Wilsonites vesicatus* ; C : *Florinites mediapudens* ; D : *Gardenasporites heisseli* ; E : *Verrucosisporites* sp. ; F : *Vittatina costabilis* ; G,K : *Costapollenites ellipticus* ; H : *Protohaploxypinus* sp. ; I : *Vittatina* sp. ; J : *Vesicaspora* sp. ; L : *Sulcatisporites* sp. ; M : *Lundbladispora gigantea* ; N : *Cycadopites* sp. ; O : *Ephedripites* sp. ; P : *Columinisporites* sp.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 3. — Affinités probables des spores et grains de pollen décrits.
TABLE 3. — Presumed affinities for the mentioned spores and pollen grains.

Leiotriletes	Filicopsida		Sphenopterideae	Renaultia
				Boweria
			Gleicheniacea	Oligocarpia
				Discopteris
Calamospora			Eleutherophyllaceae	
			Sphenophyllaceae	
			Calamitaceae	Palaeostachya
			Equisetaceae	Calamostachys
				Macrostachya
				Weissistachys
		Noeggerathiales		Noeggeratiostrobus
Punctatisporites	Filicopsida		Zygopteridaceae	Biscalitheca
			Sphenopterideae	
			Pecopterideae	Senftenbergia
			Gleicheniacea	Oligocarpia
Cyclogranisporites	Filicopsida		Zygopteridaceae	Biscalitheca
			Pecopterideae	Asterotheca miltonii
		Noeggerathiales		
		Ptéridospermales		
		Osmundales		Todites
Granulatisporites	Filicopsida		Sphenopterideae	Renaultia chaerophylloides
				Crossotheca
				Oligocarpia
Lophotriletes	Filicopsida			
Apiculatisporis				
Spinosporites				
Acanthotriletes	Filicopsida			
Verrucosisporites		Lépidophytales		Sporangiostrobus
		Filicales	Pecopterideae	Acitheca polymorpha
				Waldenburgia
		Coenoptéridales		Corynepteris
				Zygopteris
				Nemejcopteris
Converrucosisporites				
Raistrickia		Lépidophytales		Sigillariostrobus
	Filicopsida			Senftenbergia plumosa
				Ptychocarpus unitus
Reticulatisporites		Eusporangiales		Scolecopteris
		Sphénophyllales		
Microreticulatisporites	Filicopsida			Scolecopteris
Crassispora	Lepidophytopsida		Sigillariaceae	Sigillariostrobus ciliatus
	Filicopsida		Sphenopterideae	Crossotheca
Savitrisporites	Filicopsida			Senftenbergia sturi
Knoxisporites				
Convolutispora	Filicopsida			Senftenbergia pennaeformis
				Nemejcopteris feminaeformis
Cadiospora				
Ahrensisporites				
Triquitrites				
Mooreisporites				
Firmysporites				
Westphalensisporites				
Lundbladispora	Lepidophytopsida			Mazocarpon
			Sigillariaceae	
Lycospora		Lépidophytales		Lepidostrobus
Cristatisporites	Lepidophytopsida			
Densosporites	Lycopodiopsida			Selaginellites
Polymorphisporites				

Source : MNHN, Paris

Cirratriradites	Lycopodiopsida			Selaginellites
Angulisporites				
Endosporites	Lepidophytopsida			Lepidostrobus zea syn. Polysporia miabilis
Laevigatosporites	Filicopsida		Sphenophyllaceae Calamitaceae	Asterotheca cyathea Asterotheca hemitellioides Asterotheca pectinata Asterotheca saraefolia Asterotheca arborea Ptychocarpus unitus
Punctatosporites	Filicopsida			Asterotheca arborea Asterotheca cyathea Asterotheca hemitelioides Asterotheca platonii Asterotheca saraefolia Ptychocarpus unitas Scolecopteris densifolia
Spinosporites	Filicopsida			Pecopteris permica
Thymospora	Filicopsida			Asterotheca hemitelioides
Torispora	Filicopsida			Asterotheca saraefolia
Speciososporites	Filicopsida			Asterotheca saraefolia
Extrapunctatosporites				
Columinisporites				
Striatosporites				
Florinites		Cordaitales		Cordaianthus
Potonieisporites		Voltziales		Walchia spp.
Wilsonites				
Guthoerlisporites				
Latensina				
Pityosporites		Peltaspermales		
Vesicaspora		Peltaspermales		
Hamiapollenites				
Limitisporites		Voltziales		
Illinites		Peltaspermales		Autunia conferta ?
Complexisporites				
Sulcatisporites				
Alatisporites				
Cycadopites	Ginkgophyta	Cycadales Bennétitales Nilssoniales Peltaspermales		
Cheileidonites	Ginkgophyta ?	Cycadales ?		
Schopfipollenites		Ptéridospermales	Medullosaceae	Dolerotheca Halletheca Retinotheca Aulacitheca Wittleseya
Vittatina		Peltaspermales		Tatarina
Costapollenites				
Ephedripites				
Centonites				
Valvisisporites	Lycophyta			Polysporia mirabilis

Source : MNHN, Paris

ANALYSE QUANTITATIVE DES MACROFLORES

Comptages effectués à partir des échantillons revus

Au cours de la révision de la flore de Saint-Étienne, 5714 spécimens au total ont été recensés sur 1931 échantillons de compressions (un échantillon porte souvent plusieurs empreintes correspondant à un ou plusieurs taxons différents). Les échantillons proviennent en grande partie de sondages mais aussi de travaux miniers et d'affleurements. Les spécimens qui se répartissent de la manière suivante dans les différentes formations du bassin permettent aussi de définir pour chaque faisceau et formation la notion de quotient floristique (« df ») donné par le rapport nombre de taxons / nombre d'échantillons :

assise de Rive de Gier :	148	taxons sur	107	échantillons inventoriés,	df : 1,3
faisceau de Gruner :	2 100	taxons sur	715	échantillons inventoriés,	df : 2,8
f. de Beaubrun :	1 675	taxons sur	486	échantillons inventoriés,	df : 3,4
f. des Littes :	754	taxons sur	217	échantillons inventoriés,	df : 3,4
f. de Talaudière-Chazotte :	208	taxons sur	66	échantillons inventoriés,	df : 3,1
f. de Bellevue :	294	taxons sur	170	échantillons inventoriés,	df : 1,7
formation de couronnement :	87	taxons sur	48	échantillons inventoriés,	df : 1,8.

Le rapport « df » pourrait être le reflet de la densité du couvert végétal, c'est ainsi qu'on observe qu'il est supérieur à 3 dans les faisceaux de Beaubrun, Littes et Talaudière-Chazotte. On remarquera que ce rapport reste constant dans ces 3 faisceaux, indépendamment du nombre de taxons et d'échantillons.

De plus, 346 taxons ont été identifiés sur 122 échantillons sans localisation précise à l'intérieur du bassin.

En outre, 903 spécimens de taxons ont été recensés sur 185 silex à végétaux perminéralisés de Grand'Croix. Cette analyse, qui vient en complément de l'étude des lames minces, a été réalisée dans le cadre d'un travail de comparaison des flores perminéralisées de Grand'Croix et de l'Autunien d'Autun (Galtier & Phillips, 1985).

Les pourcentages relatifs de 17 groupes de taxons ont été calculés, pour chaque faisceau ou assise (tableau 4 A, B). Dans ce calcul, il n'a pas été tenu compte des échantillons sans localisation précise dans le bassin, ni d'une centaine de spécimens de taxons rares ou de position systématique incertaine, ce qui ramène à 5266 le nombre de spécimens dénombrés.

Dans toutes les assises, les *Pecopteris* dominent largement : de 29 à 58 %. Dans l'assise de Rive de Gier, les Lycophytes atteignent 11 % pour baisser à moins de 1 %, puis disparaître dans les assises supérieures. Les *Odontopteris*, rares à Rive de Gier, atteignent 16 % à Beaubrun. Les *Alethopteris* disparaissent dans les assises supérieures, leur maximum (13 %) se situe à la Talaudière. Les « *Callipteris* » apparaissent dans l'assise de Beaubrun. Les *Walchia* (non figurés sur le tableau) débutent à Gruner et sont rares également à Beaubrun et aux Littes.

Les Cordaïtes sont présentes partout avec un pourcentage moyen de 9 %, elles atteignent 16 % à Rive de Gier. Les *Calamites* et les *Sphenophyllum* varient peu d'une assise à l'autre. Les *Sphenophyllum* atteignent 14 % dans la Formation de couronnement.

Source : MNHN, Paris

Les Ptéridospermaphytes se développent et se diversifient dans l'ensemble de l'assise de Saint-Étienne. Toutes ces observations sont regroupées dans le tableau 4A.

TABLEAU 4. — A : Résultats de l'analyse quantitative de la macroflore exprimés en nombres et pourcentages de genres identifiés par faisceau ou assise.

A: Results of the macroflora quantitative analysis given in numbers and percentages of identified genera for each formation or coal seam

B : Résultats de la même analyse récapitulés par grands groupes taxonomiques. Les données d'une étude de la flore permінéralisée de Grand'Croix ont été ajoutées ici, elles concernent 185 échantillons contenant 903 spécimens. Il s'agit, dans ce cas, de pourcentages en volume (cf. GALTIER & PHILLIPS, 1985).

B: Results of the same analysis, summarized by main taxonomic groups. The data dealing with the Grand'Croix permineralized flora have been added. They concern 903 specimens from 185 samples. In this case, results are given in "volume" percentages (cf. GALTIER & PHILLIPS, 1985).

	RIVE DE GIER		GRUNER		BEAUBRUN		LITTES		BELLEVUE		COURONNEMENT		TALAUDIÈRE	
Nombre de taxons comptés	148	%	2100	%	1675	%	754	%	294	%	87	%	208	%
Cordaites & Conifères	24	16	195	9	135	8	72	10	39	13	9	10	17	8
Alethopteris	4	2	133	6	106	6	67	9	–	–	–	–	26	13
Neuropteris	10	7	53	3	20	1	18	2	7	2	5	6	4	1
Odontopteris	2	1	238	11	269	16	53	7	–	–	2	2	10	5
Reticulopteris	1	<1	114	5	28	1	16	2	3	1	3	3	5	2
Linopteris	1	<1	40	2	18	1	74	10	1	<1	–	–	3	1
Pseudomariopteris	–	–	23	1	42	2	17	2	1	<1	–	–	5	2
Dicksonites	–	–	115	5	75	4	22	3	17	6	4	4	11	5
Callipteridium	3	2	106	5	81	5	24	3	2	<1	–	–	18	9
Callipteris	–	–	–	–	5	<1	3	<1	–	–	1	1	–	–
Taeniopteris	–	–	9	<1	21	1	13	1	–	–	2	2	2	<1
Zygopteris	–	–	13	<1	11	<1	1	<1	1	<1	–	–	–	–
Sphenopteris	7	5	29	1	43	3	11	1	5	2	1	1	4	1
Pecopteris	67	45	698	33	486	29	217	29	170	58	43	49	62	30
Sphenophyllum	3	2	92	4	72	4	29	4	26	9	12	14	10	5
Annularia & Calamites	10	7	230	11	253	15	114	15	22	8	5	5	31	15
Lycophytes	16	11	12	<1	10	<1	3	<1	–	–	–	–	–	–

	RIVE DE GIER		GRUNER		BEAUBRUN		LITTES		BELLEVUE		COURONNEMENT		TALAUDIÈRE		GRAND-CROIX	
Nombre de taxons comptés	148	%	2100	%	1675	%	754	%	294	%	87	%	208	%	903	%
Cordaites & Conifères	24	16	195	9	135	8	72	10	39	13	9	10	17	8		57
Ptéridospermaphytes	21	14	822	39	665	40	307	41	31	11	17	20	84	40		21
Filicophytes	74	50	740	35	540	32	229	30	176	60	44	51	66	32		14
Sphenophyllum	3	2	92	4	72	4	29	4	26	9	12	14	10	5		<1
Calamites	10	7	230	11	253	15	114	15	22	8	5	5	31	15		8
Lycophytes	16	11	12	<1	10	<1	3	<1	–	–	–	–	–	–		–

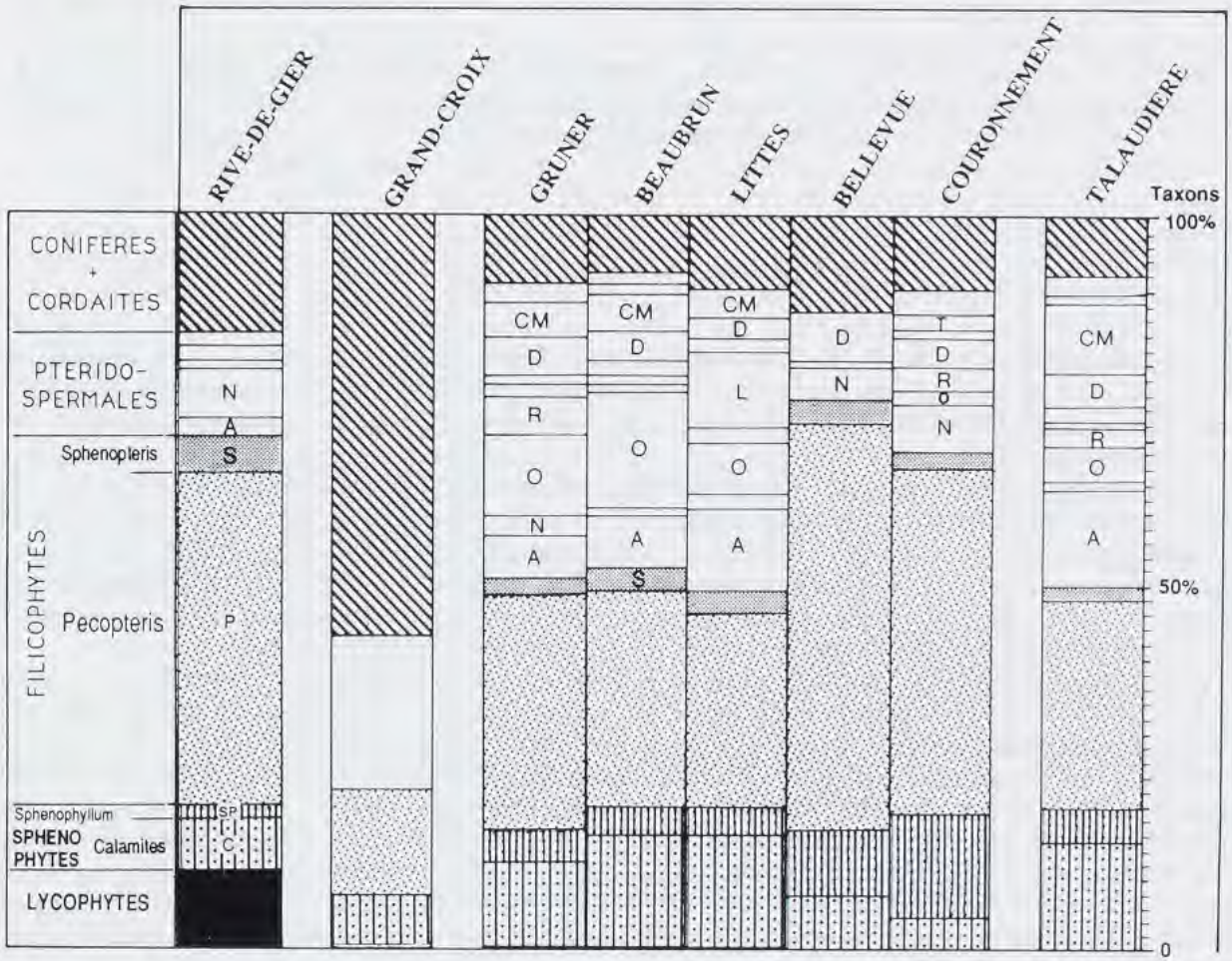
Dans le tableau 4B, les taxons ont été regroupés d'après leurs affinités botaniques en six catégories ; (1) Lycophytes arborescentes, (2) *Calamites*, (3) *Sphenophyllum*, (4) Filicophyta (Fougères), (5) Ptéridospermaphytes, (6) Conifères et Cordaïtes. Les pourcentages de ces différents groupes ont été calculés pour chaque faisceau ou assise et reportés sur un diagramme (Tableau 5) auquel ont été ajoutés les résultats du comptage de 185 spécimens observés dans les silex de Grand'Croix.

Il en ressort que la flore de Rive de Gier se distingue nettement de tous les autres assemblages par la fréquence relativement élevée des Lycophytes et le pourcentage élevé des Filicophytes.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 5. — Représentation diagrammatique des résultats du tableau 4B. Abbréviations des genres de Ptéridospermales : A, *Alethopteris* ; CM, *Callipteridium* ; D, *Dicksonites* ; L, *Linopteris* ; N, *Neuropteris* ; O, *Odontopteris* ; R, *Reticulopteris* ; T, *Taeniopteris*.

TABLE 5. — Diagrammatic picture of the results summarized in the table 4B. Abbreviations for the Pteridospermales genera are: A: Alethopteris; *CM:* Callipteridium; *D:* Dicksonites; *L:* Linopteris; *N:* Neuropteris; *O:* Odontopteris; *R:* Reticulopteris; *T:* Taeniopteris.



Dans la série des couches de Saint-Étienne, on note, dès le faisceau de Gruner, la disparition de la quasi totalité des Lycophytes et le développement des Ptéridospermaphytes qui tendent même à dépasser les Filicophytes. Dans toute la série, les Conifères et les Cordaïtes restent à pourcentage à peu près constant. Il en est de même des *Sphenophyllum* et des Calamitacées avec, cependant, un maximum des *Sphenophyllum* dans la Formation de Couronnement. La composition globale des flores de Gruner, Beaubrun, Littes et Talaudière reste très constante. Le diagramme-tableau 5 fait également ressortir la similitude entre l'assemblage de Talaudière et ceux de Gruner et Beaubrun.

On note aussi une régression des Ptéridospermaphytes dans le faisceau de Bellevue, notamment la quasi disparition des *Alethopteris*, des *Linopteris*, des *Pseudomariopteris*.

Quant aux végétaux silicifiés de Grand'Croix, ils représentent un assemblage mixte sensiblement distinct des associations plus ou moins contemporaines de Rive de Gier. On y note, en particulier, l'abondance des *Cordaites*, une représentation relativement faible des Filicophyta et l'absence des Lycophytes. Ces différences peuvent être interprétées en terme d'écologie et de transport sélectif des débris végétaux.

Source : MNHN, Paris

En résumé, on constate très nettement le passage d'une flore dominée par les Lycophytes et les Filicophytes à une flore à Filicophyta et Ptéridospermaphytes. Les études palynologiques montrent la même évolution floristique : importance des spores de Lycophytes, *Densosporites* et *Lycospora*, dans le faisceau de Rive de Gier. Dès la base de l'assise de Sorbiers (au-dessus du gore vert), on note la disparition quasi totale des spores de Lycophytes et leur remplacement par des *Florinites* (pollen de *Cordaites*) et surtout le développement massif des spores de Marattiacées : *Punctatosporites*, *Thymospora*, *Laevigatosporites*. Ces spores resteront largement prédominantes dans le faciès charbon jusqu'au sommet de la série.

Entre Littes et Bellevue, il n'y aucun événement nouveau marquant. On enregistre un appauvrissement de la flore, ce qui ressort également d'un examen de la liste générale (tableau 8) : on y note une diminution du nombre des espèces présentes soit :

Gruner : 102, Beaubrun : 94, Littes : 67, Bellevue : 42, Couronnement : 29.

Interprétation et commentaires

Dans l'évolution de la flore du bassin de Saint-Étienne, telle qu'elle apparaît à la lecture du tableau 4B, l'événement le plus marquant est la disparition des Lycophytes à la base de la série de Saint-Étienne et leur remplacement par une végétation à Fougères arborescentes dominantes et Ptéridospermaphytes.

À la suite d'une étude des flores du Carbonifère supérieur (Stéphanien) des bassins du Nord-Caucase et du Donetz, Shchegolev (1975) situe la disparition massive des Lycophytes au Westphalien terminal, avant même la base du Stéphanien. L'extinction de ces végétaux qui s'étaient maintenus dans tout le domaine euramérien depuis le Tournaisien ($\pm$ 50 millions d'années) et leur remplacement par des Filicophyta arborescentes et des Ptéridospermaphytes, traduiraient d'importants changements du milieu de vie.

Phillips *et al.* (1974) proposent pour la première fois une interprétation climatique du déclin des Lycophytes arborescentes, observé dans le Carbonifère de l'Illinois, au sommet du Pennsylvanien, à la limite Desmoinesien-Missourien (= Westphalien-Stéphanien). À partir d'études palynologiques et de l'examen de végétaux perminéralisés *in situ* (coal balls), Phillips et Peppers (1984) exposent une argumentation plus détaillée de l'événement que représente la disparition d'une flore dominée par les grands Lycophytes et son remplacement par une végétation à prédominance de Filicophytes arborescentes accompagnées de Pteridospermaphyta. Cet événement aurait eu une étendue multicontinentale et serait la conséquence d'une aridification croissante du climat (« dry interval ») ayant conduit à l'assèchement progressif des marécages à Lycophytes arborescentes. Les auteurs distinguent plusieurs phases dans ce processus avec des retours temporaires à des épisodes plus humides, sous l'influence de facteurs locaux. Ainsi auraient disparu d'abord *Lepidofloyos*, *Lepidodendron* et *Paralycopodites*. Seuls, *Sigillaria* et l'herbacé *Chaloneria* (= *Polysporia*), qui possèdent une grande amplitude écologique, ont persisté dans un environnement de plus en plus sec jusqu'au sommet du Pennsylvanien (Di Michele & Phillips, 1985).

Dans le bassin de Saint-Étienne, l'évolution du couvert végétal s'est faite dans le même sens mais l'extinction des grands Lycophyta n'a eu lieu qu'après le dépôt de l'assise de Rive de Gier, à la limite Stéphanien A — Stéphanien B. Ce décalage peut s'expliquer par l'interférence de facteurs locaux qui ont retardé le processus d'aridification. Les reliefs entourant les bassins intramontagneux ont pu favoriser les condensations atmosphériques fournissant l'humidité nécessaire à la survie des marécages à Lycophytes (Paproth, 1987). L'aridification aurait d'abord affecté les plantes croissant à l'extérieur des marécages houillers en y favorisant le développement de végétaux mésoxérophiles à xérophiles. C'est ce que montrent les caractères plus « récents » de la flore contenue dans certains intercalaires stériles allochtones dans des veines de charbon du Westphalien D de l'est des U.S.A. (Pfefferkorn & Thomson, 1982).

Source : MNHN, Paris

L'étude détaillée de la distribution spatio-temporelle des flores (fig. 392) permet d'observer, intercalés dans un ensemble homogène à végétation hygrophile correspondant à un milieu fluvio-lacustre (= flore stéphanienne « standard »), des niveaux renfermant des associations mésoxérophiles *témoins de la végétation contemporaine* à cachet nettement « autunien » (« *Callipteris* », Conifères...) installée sur les milieux bordiers (postface, fig. 395). Ces niveaux renferment des passées bitumineuses et des restes de faunes aquatiques (poissons, anthracomya...). La coexistence de ces deux flores, également retrouvée dans les associations palynologiques (cf. chapitre Palynologie) a été décelée dans le Bassin de Saint-Étienne et observée ensuite dans de nombreux autres sites de la chaîne hercynienne (Broutin *et al.*, 1986 ; Hochuli, 1985 etc.). Elle correspond à un phénomène général. C'est la dynamique du bassin lui-même qui conditionne, en grande partie, la distribution ainsi que les possibilités de fossilisation des végétaux qui peuplaient les régions extérieures à l'aire de sédimentation (Doubinger *et al.*, 1991).

Cette apparition précoce des « *Callipteris* » au toit de plusieurs couches de la série de Saint-Étienne et dans d'autres bassins stéphaniens témoigne aussi de l'installation d'un environnement plus sec en dehors des dépressions humides dans lesquelles s'est maintenue une flore carbonifère en voie d'extinction. Le Stéphanien étant considéré comme l'équivalent du Kasimovien et du Gzhélien des séries marines standard du Préoural, il est intéressant de rappeler à ce propos l'élévation des paléotempératures moyennes globales qui ont pu être définies dans ces séries standard, pour le Gzhélien (Kalmykova & Kasik, *in* Kozur, 1980).

Dans la zone à *Triticites stuckenbergii* — *T. rossicus* (Foraminifères), c'est-à-dire la partie inférieure du Gzhélien, les paléotempératures sont comprises entre 11,6° et 20,6°C, soit une moyenne de 17°C. Dans la zone à *Jigulites jigulensis* (Foraminifères) et *Stretognathodus ruzhenzevi* (Conodontes), c'est-à-dire la partie moyenne du Gzhélien, les paléotempératures sont comprises entre 17,4° et 25,2°C, soit une moyenne 23,2°C. L'augmentation de la température à la base du Gzhélien moyen aurait donc été de l'ordre de 6°C ce qui aurait incontestablement induit une modification climatique d'ampleur considérable.

Dans le Donetz, la première apparition des « *Callipteris* » se situe dans la suite Araukaritovaja, au-dessus d'un niveau marin à *T. stuckenbergii* — *T. rossicus* dans un intervalle attribué au Gzhélien moyen, équivalent à la zone à *Jugulites jugulensis* (Shchegolev *in* Aisenverg *et al.*, 1975). Les corrélations entre la série marine du Préoural et le bassin du Donetz sont confirmées par des données magnétostratigraphiques récentes (Hoffmann *et al.*, 1989, fig. 4). Dans le bassin de Saint-Étienne, la diminution notable du nombre d'espèces depuis la Formation de Rive de Gier jusqu'au sommet de la Formation de Couronnement pourrait apparaître aussi comme une conséquence du changement de climat qui s'est poursuivi encore durant une partie au moins du Permien.

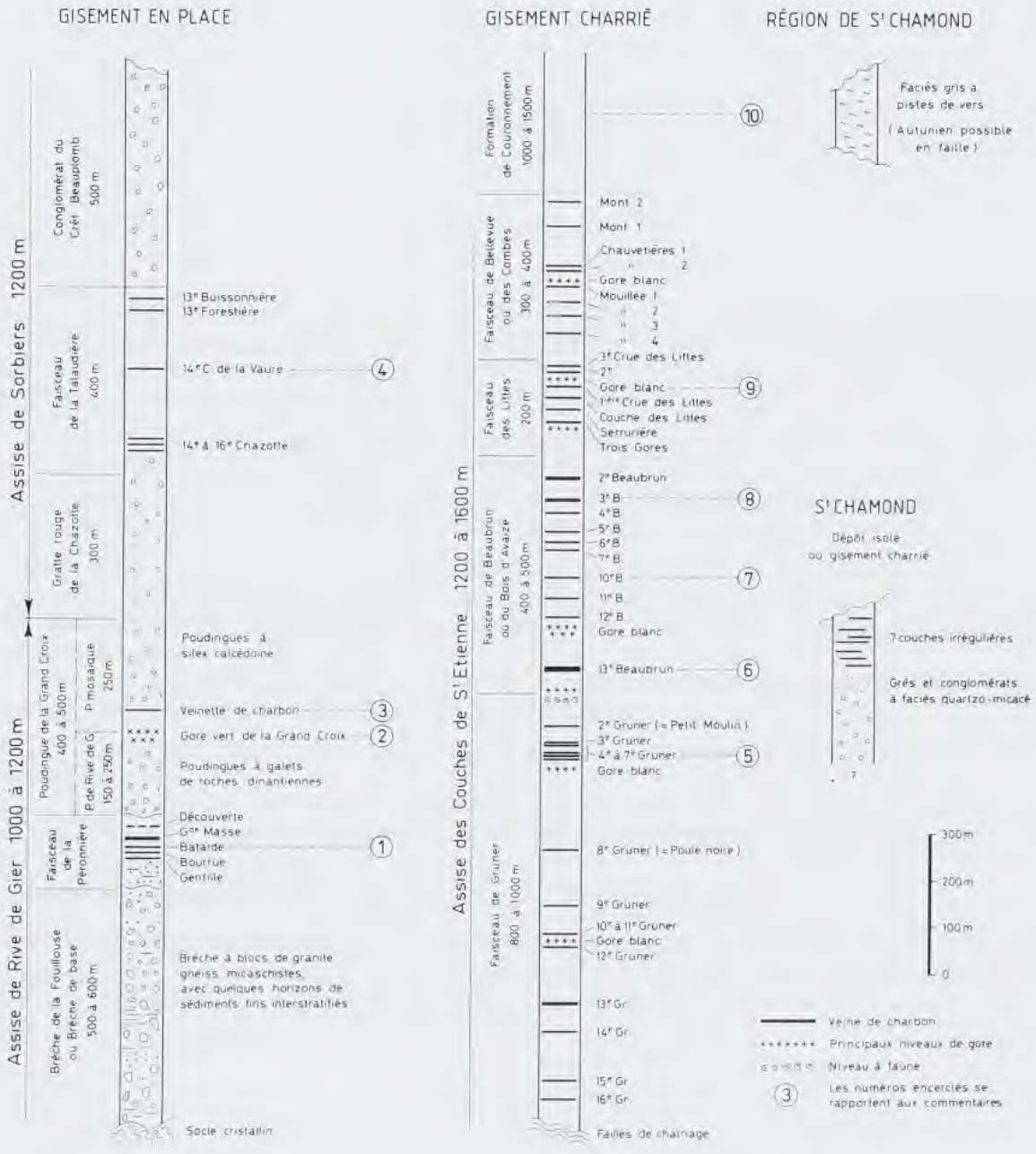
Bien qu'étalé dans le temps, le synchronisme des événements botaniques enregistrés à la fois aux U.S.A. en Europe occidentale et dans les bassins du Donetz et du Nord Caucase reflète, pour la période terminale du Carbonifère, une modification climatique de grande envergure sans doute contemporaine des glaciations du Gondwana (Meyen, 1987). Cette modification climatique a affecté l'ensemble de la ceinture équatoriale de l'espace euramérien.

Source : MNHN, Paris

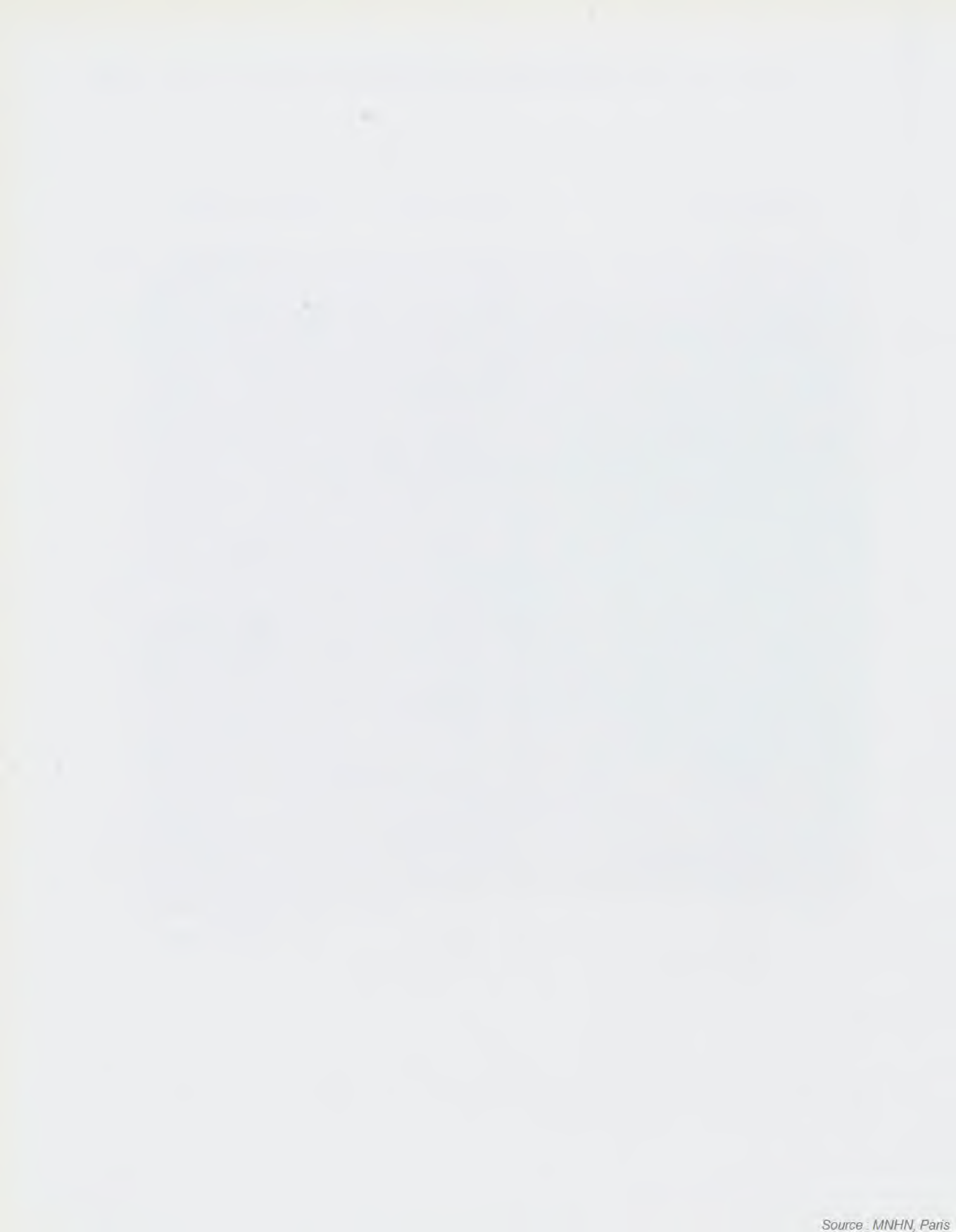
FIG. 392. — Série stratigraphique du bassin de Saint-Étienne : commentaire sur les niveaux à contenu paléontologique remarquable. **1.** — Faisceau de la Péronnière : flore de 81 espèces dont 25 n'apparaîtront plus dans les formations surincombantes, notamment : *Pecopteris arborea, P. lamuriana, Sphenopteris chaerophylloides, S. danzei, Neuropteris ovata.* Présence d'*Odontopteris reichiana, Alethopteris zeillerii, Callipteridium pteridium, Neuropteris planchardii* et *N. praedentata.* Nombreux *Lepidodendron* et *Sigillaria.* Microflore à *Densosporites* et *Lycospora.* Au toit de la couche Bâtarde : microflore « atypique », dominée par les grains de pollen, dans des schistes bitumineux à écailles de poissons. **2.** — Gore vert de la Grand'Croix : coulée rhyolitique et horizon silicifié de Saint Priest, au nord de Saint-Étienne, avec des végétaux perminéralisés. Flore de la Grand'Croix (88 espèces) de végétaux silicifiés redéposés dans le poudingue mosaïque. **3.** — Veinette charbonneuse, à quelques mètres du toit du gore vert : association palynologique à *Punctatisporites, Thymospora, Florinites* bien différente de la microflore de la Péronnière. **4.** — Flore du faisceau de la Chazotte-Talaudière : seulement 49 taxons répertoriés, du fait de recherches peu intensives, dont trois restent inconnues dans les autres formations, à savoir : *Syringodendron bioculatum, Pecopteris boutonetii,* et *Taniopteris tenuis.* **5.** — Faisceau de Gruner : *Walchia piniformis* est connu au toit de la 5^{e} Gruner et sporadiquement dans les faisceaux de Beaubrun et des Littes. **6.** — 13^{e} Beaubrun : toît à *Odontopteris pseudoschlotheimii* et présence d'*Autunia conferta.* **7.** — De la 6^{e} à la 12^{e} Beaubrun : présence d'*Odontopteris reichiana,* forme *elongata. Pseudomariopteris busquetii* fréquent entre la 4^{e} et la 7^{e} Beaubrun. **8.** — Toit de la 3^{e} Beaubrun à *Odontopteris pseudoschlotheimii* avec faune à *Eileticus pruvostii* et *Pringlia demaistrei* ; petits ostracodes et esthéries. Présence d'*Autunia conferta, Lodevia nicklesii, Arnhardtia* cf. *mouretii* et microflore à « cachet » autunien. **9.** — Grand horizon bitumineux et poissonneux de Montrambert (= toit de la 1^{ere} crue des Littes) : flore à *Odontopteris pseudoschlotheimii* et, de nouveau, *Autunia conferta, Dichophyllum flabellifera* et *Lodevia nicklesii.* Microflore à « cachet » autunien. Débris de faune : écailles, dents et épines de poissons ; nombreuses petites esthéries. **10.** — Les petites passées charbonneuses de la Formation de Couronnement ont livré une microflore à spores monolètes dominantes, *Thymospora, Laevigatosporites, Endosporites.* Présence d'*Autunia conferta* dans les couches du Jardin des Plantes et de *Taeniopteris abnormis* (Puits de la Vogue).

FIG. 392. — Saint-Étienne basin stratigraphic column: comments on the horizons yielding remarkable paleontological content. **1.** — *La Péronnière coal seams group: flora including 81 species, 25 of which disappear in the overlying stratas, particularly:* Pecopteris arborea, P. lamuriana, Sphenopteris chaerophylloides, S. danzei, Neuropteris ovata. *Occurrence of* Odontopteris reichiana, Alethopteris zeillerii, Callipteridium pteridium, Neuropteris planchardii, *and* N. praedentata. *Numerous* Lepidodendron *and* Sigillaria ; *microfloral association dominated by* Densosporites *and* Lycospora. *In the La Bâtarde coal seam roof: bituminous shale with "atypical" microflora dominated by pollen grains .* **2.** — *La Grand'Croix green gore: Saint Priest rhyolitic flow and silicified horizon with permineralized plants, at the northern edge of Saint-Étienne. La Grand'Croix macroflora (88 species): reworked silicified plants into the mozaïc conglomerate.* **3.** — *Coal veinlet with a* Punctatisporites, Thymospora, Florinites *palynological association, showing new characteristics with regards to the la Péronnière microflora.* **4.** — *Chazotte-Talaudière coal seams group flora: only 49 recorded taxa, due to less intensive investigations, with 3 species remaining unknown in the others formations,* i.e.: Syringodendron bioculatum, Pecopteris boutonetii, *and* Taeniopteris tenuis. **5.** — *Gruner coal seams group:* Walchia piniformis *is recorded from the 5th Gruner coal seam roof and, sporadically, from Beaubrun and Littes coal seams groups.* **6.** — *13d Beaubrun coal seam: roof with* Odontopteris pseudoschlotheimii *and occurrence of* Autunia conferta. **7.** — *From the 6d to the 12d Beaubrun coal seams: occurrence of* Odontopteris reichiana, *elongata form.* Pseudomariopteris busquetii *common from the 4th to the 7th Beaubrun.* **8.** — *3d Beaubrun coal seam roof with* Odontopteris pseudoschlotheimii *and fauna including* Eileticus pruvostii, Pringlia demaistrei, *small ostracods and Estherias. Occurrence of* Autunia conferta, Lodevia nicklesii, Arnhardtia mouretii *and "Autunian-like" microflora.* **9.** — *Bituminous and full of fish shale at the roof of the 1st Crue des Littes coal seam : with* Odontopteris pseudoschlotheimii *and, again* Autunia conferta, Dichophyllum flabellifera, Lodevia nicklesii *and "Autunian-like" microflora. Faunal debris: fish scales, teeth and spines; small Estherias.* **10.** — *The small coaly veinlets of the Couronnement Formation have yielded a microflora dominated by monoletes spores such as:* Thymospora, Laevigatosporites, Endosporites. *Occurrence of* Autunia conferta *in the Jardin des Plantes stratas and of* Taeniopteris abnormis *(Puits de la Vogue).*

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

LE STÉPHANIEN

Rappel historique

L'étage stéphanien a été défini par Munier-Chalmas et de Lapparent (1893) en ces termes : « Le nom de Stéphanien, correspondant à celui d'Ouralien, s'appliquera aux assises renfermant les flores houillères qui se succèdent depuis l'assise de Rive de Gier jusqu'à celle de Bois d'Aveize inclusivement de manière à comprendre tous les bassins houillers de l'Est du Plateau Central ».

Après avoir rappelé cette définition, Pruvost, dans le lexique stratigraphique international (1957), indique que « la limite inférieure est marquée dans la Loire par la brèche de la Fouillouse et dans la Sarre et en Lorraine par le conglomérat de Holz, la limite supérieure en est la base de l'Autunien, lequel est caractérisé par l'apparition en masse des *Callipteris* d'après Zeiller ».

C'est ainsi que Bouroz *et al.* présentent la situation « légale » du Stéphanien en 1972 et introduisent le rapport du groupe de travail sur le Stéphanien, soumis à l'examen de la Sous-Commission de stratigraphie sur le Carbonifère au cours du 7e Congrès international du Carbonifère, Krefeld).

D'importantes décisions seront adoptées à cette occasion qui conditionnent encore l'échelle stratigraphique internationale pour cette période géologique :

— le Stéphanien devient une « série » englobant plusieurs étages au lieu d'un étage regroupant trois sous-étages ;

— l'Assise de Rive de Gier est abandonnée comme stratotype du Stéphanien inférieur ;

— le Cantabrien (défini dans les Monts Cantabriques en Espagne) est reconnu comme étage de base de la série stéphanienne ;

— la nouvelle série ainsi esquissée conserve le nom de **Stéphanien**.

L'échelle chronostratigraphique internationale actuellement admise pour cette période des temps géologiques s'appuie encore sur ces décisions qui ont fait l'objet de nombreux compléments proposés, en particulier, par l'inventeur du Cantabrien, R. H. Wagner.

Situation actuelle

Définitions

Le Carbonifère (− 360 à − 295 m. a.)

Il représente un système comprenant deux sous-systèmes : Carbonifère inférieur et supérieur, encore non formellement délimités, et ne recouvrant exactement ni le Mississipien-Pennsylvanien (Amérique du Nord) ni le Dinantien-Silésien (Europe).

Source : MNHN, Paris

Le Carbonifère supérieur (−325 à −295 m. a.) Il comprend, de la base au sommet, trois séries : Namurien p. p., Westphalien, Stéphanien.

Le Stéphanien (−305 à −295 m. a.)

D'après ODIN & ODIN (1990), « la datation très détaillée de niveaux volcano-sédimentaires du Silésien des bassins continentaux, effectuée à Heidelberg, indique un âge proche de 300 m. a. pour la base de l'Autunien et de 305 m. a. pour la base du Stéphanien ». La période stéphanienne ne durerait donc que 5 m. a.

Sont actuellement reconnus par l'International Union of Geological Sciences (COWIE, 1989) les deux étages de base : Cantabrien et Barruelien ; le sommet n'est pas nommé et reste donc, dans la littérature (WINCKLER-PRINS, 1990), provisoirement subdivisé en « Stéphanien B » et « Stéphanien C ».

ZONATION BIOSTRATIGRAPHIQUE DU STÉPHANIEN ET MACROFLORES

La zonation biostratigraphique du Stéphanien actuellement reconnue est celle qui été publiée par WINCKLER-PRINS (1990) :

Autunien	*Callipteris conferta*
Stéphanien C	*Sphenophyllum angustifolium*
Stéphanien B	*Alethopteris zeilleri*
Stéphanien A (= Barruelien)	*Lobatopteris lamuriana*
Cantabrien	*Odontopteris cantabrica*

REMARQUE. — BOUROZ *et al.* (1975) estiment que la série stéphanienne (dont le nom est conservé pour des considérations essentiellement historiques) peut être subdivisée en deux étages : Kasimovien à la base, Gzhélien au sommet, sans que cela implique l'acceptation des limites traditionnelles de ces étages. Cette proposition semble entérinée par l'I.U.G.S. (COWIE, 1989).

Ils observent également : « Les étages pennsylvaniens étant des anthracophores sur de vastes étendues dans le monde, il paraît raisonnable de recommander la sélection d'étages stratotypiques qui ne renferment pas seulement des faunes marines mais aussi de la flore continentale ».

On retrouve là le problème, extrêmement complexe, de la définition des équivalents continentaux des étages définis en milieu marin.

Or, pour les niveaux les plus récents du Stéphanien (post « Barruelien »), il semble que l'on ne dispose que de terrains exclusivement marins ou strictement continentaux, les dernières strates combinant macroflores terrestres et faunes marines dans les Asturies sont datées Kasimovien supérieur par *Triticites* (MARTINEZ GARCIA & WAGNER, 1982). Les seuls éléments continentaux utilisables « intercalés » dans les séries marines sont des associations palynologiques comme dans le Donetz et l'Oural (DOUBINGER & BOUROZ, 1984).

CORRÉLATIONS CHRONOSTRATIGRAPHIQUES

Une corrélation des subdivisions chronostratigraphiques majeures du Carbonifère supérieur a été proposée par RUI Lin et ZHANG Linxin (1990) à la réunion de la Sous-Commission du Carbonifère de Provo, U.S.A., à partir de biozonations par Fusulines et Conodontes (tableau 6).

Les principales propositions successives pour la chronostratigraphie du Stéphanien, sont regroupées dans le tableau 7. On peut constater que les instances internationales laissent ouverte la question de la définition du Stéphanien supérieur en milieu continental. Notre travail permet de présenter une proposition concrète pour résoudre ce problème. Cette information a déjà été transmise

Source : MNHN, Paris

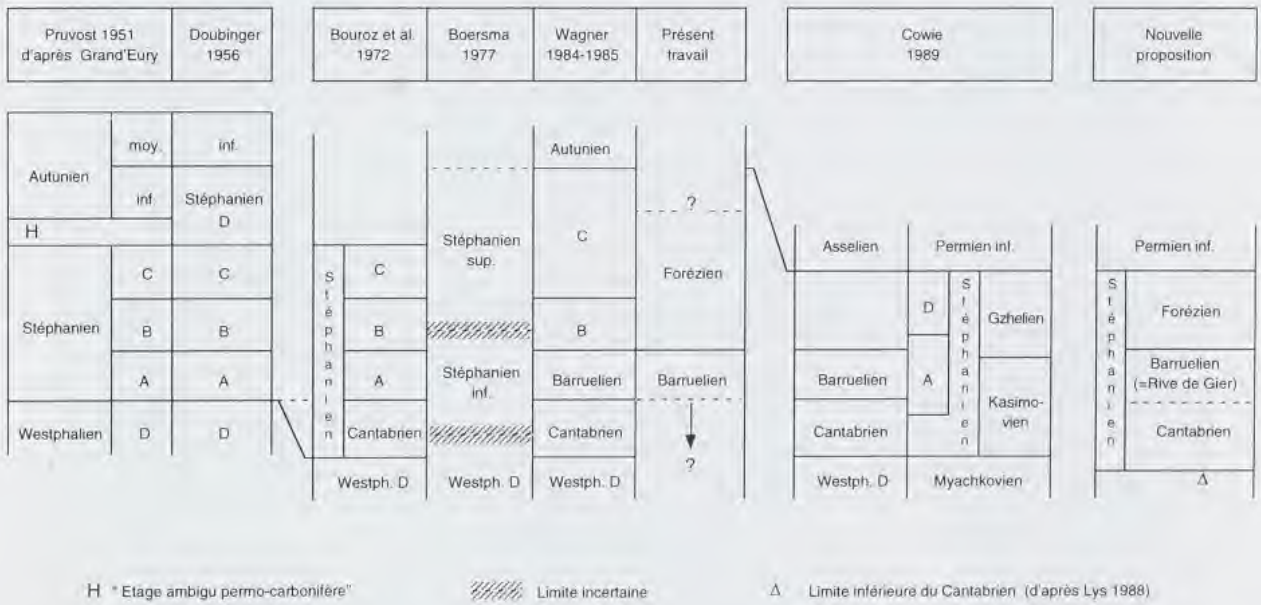
TABLEAU 6. — Corrélations des subdivisions chrnostratigraphiques majeures du Carbonifère supérieur (d'après RUI & ZHANG, 1990).

TABLE 6. — Correlations for the Carboniferous main chronostratigraphic subdivisions (after RUI & ZHANG, 1990).

CHINE	JAPON	RUSSIE	EUROPE OCCIDENTALE		AMÉRIQUE DU NORD
MAPINGIEN	SASKAMOTOZAWIEN	ASSELIEN	AUTUNIEN		WOLFCAMPIEN
XIAODUSHANIEN	HIKAWIEN	GZHELIEN	STÉ PHA NIEN	D C B (A) BARRUELIEN	VIRGILIEN
		KASIMOVIEN		CANTABRIEN	MISSOURIEN

TABLEAU 7. — Principales propositions successives pour la chronostratigraphie du Stéphanien.

TABLE 7. — Main successive proposals for the Stephanian chronostratigraphy.



à la Sous-Commission du Carbonifère, grâce à l'obligeance du Professeur J. P. LAVEINE, lors du 11e Congrès International de Géologie et Stratigraphie du Carbonifère, Buenos Aires, septembre 1991.

DONNÉES STÉPHANOISES ET STÉPHANIEN

DONNÉES FACTUELLES : DISTRIBUTION DE LA FLORE FOSSILE

La répartition qualitative et quantitative de la flore fossile dans la série de Saint-Étienne est regroupée dans le tableau 8 qui donne une liste complète des espèces conservées en empreintes ou compressions. Sont également mentionnées les espèces citées dans la note sur la flore de Rive de Gier

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 8. — Répartition qualitative et quantitative de la flore fossile dans la série de Saint-Étienne.
TABLE 8. — Flora qualitative and quantitative distribution throughout the Saint-Etienne succession.

Taxons	Rive de Gier	Gruner	Beaubrun	Littes	Bellevue	Couronnement	Couronnement et Talaudière	Saint-Etienne s. l.
Lycopodites decussatus			+					
Lepidodendron beaumontianum	+							+
Lepidodendron brongniartii								+
Lepidodendron clipeiforme			+					
Lepidodendron jarense	+							
Lepidodendron ophiurus	+							
Lepidodendron aff. *rimosum*	+							
Lepidodendron aff. *simile*	+							
Lepidofloyos anthracinus	+							
Lepidofloyos macrolepidotus	+							
Sigillaria brardii		+	IIIII	III				+
Sigillaria elegans	+							
Sigillaria lepidodendrifolia		+						
Sigillaria rugosa	+							
Sigillaria tessellata	III							
Sigillaria spp.	IIIII	IIIII	+					
Syringodendron alternans								IIIIII
Syringodendron bioculatum							+	
Syringodendron commune								+
Syringodendron feriestratum		+						
Syringodendron valde-flexuosum		+						
Syringodendron sp.	III	+						+
Asolanus camptotaenia								+
Asolanus cf. *camptotaenia*								+
Asolanus sp. l.								+
Cyperites bicarinata	+	+						IIIIII
Cf. *Lepidophylloides* sp.								+
Stigmaria ficoides	+	+						
Stigmaria sp.			+					
Stigmariopsis inæqualis	+							IIIIII
Lepidocarpon majus								+
Lepidostrobus brongniartii								+
Sphenophyllum angustifolium		IIIII	IIIIII	+	IIIII	III		
Sphenophyllum cf. *emarginatum*	+	III	III	III			+	
Sphenophyllum longifolium		III			+			
Sphenophyllum oblongifolium	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIII	IIIII	IIIII
Sphenophyllum cf. *thonii*			+					
Asterophyllites equisetiformis	+	IIIIII	IIIIII	IIIIII			III	+
Asterophyllites longifolius	+							+
Annularia mucronata	+							
Annularia radiata			+	III			III	
Annularia sphenophylloides	IIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	III	IIIIII	IIIIII
Annularia spicata		III	III	+				
Annularia stellata	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIII		III	III
Calamites cistii		IIIIII	IIIII	III	III		III	
Calamites cruciatus	+	III	IIIII				+	
Calamites gigas				+				
Calamites pachyderma			+					+
Calamites suckowii		III	+	+			+	
Calamites spp.		IIIIII	IIIIII	IIIIII	III			III
Calamostachys cf. *dumasii*								+
Calamostachys tuberculata		+						
Calamostachys sp.		IIIIII	IIIIII	IIIIII	+	+		III
Macrostachya infundibuliformis		III	III	III				
Schizopteris cycadina								+
Schizostachys pinnata		IIIIII	IIIIII	III	+		+	+
Schizostachys spiciformis			+			+		
Caulopteris chaussatii								+
Caulopteris macrodiscus								+
Caulopteris peltigera					+			
Megaphyton maclayi								+
Asterotheca cf. *sternbergii*		III		III	+			
Senftenbergia plumosa var. *ligerensis*					+			

Source : MNHN, Paris

Taxons	Rive de Gier	Gruner	Beaubrun	Littes	Bellevue	Couron-nement	Couron-nement et Talaudière	Saint-Etienne s. l.
Pecopteris abbreviata	+							
Pecopteris affinis		IIIIII	IIIIII	III	+	III		
Pecopteris arborea	III							
Pecopteris biotii								+
Pecopteris boutonnetii							III	
Pecopteris candolleana	+	IIIIII	IIIIII	III		III	III	+
Pecopteris clintonii		IIII	IIII	+	III		+	III
Pecopteris cyathea	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
Pecopteris daubreei	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	IIII	IIII
Pecopteris densifolia	+	IIIIII	III				+	III
Pecopteris densinervosa	+							
Pecopteris feminæformis		IIIIII	IIIIII	IIIIII	III		III	III
Pecopteris hemitelioides		IIIIII	IIIIII	III	IIIII		+	III
Pecopteris integra		+						
Pecopteris lamuriana	IIII							
Pecopteris lepidorachis		III						
Pecopteris major		III	III	+	+			
Pecopteris melendezii	III	+						
Pecopteris microphylla		III	III	+				
Pecopteris monyi		IIIIII	IIIII	IIIII	IIIIII		III	III
Pecopteris paleacea	IIIII	IIIIII	IIIII	+	III		III	+
Pecopteris parvula		+				+	+	
Pecopteris pectinata		III	III	III	III			
Pecopteris platonii		IIIII	+	III	III	III		
Pecopteris plumosa	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII		III	III	III
Pecopteris polymorpha	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	IIII	IIIIII
Pecopteris pseudoreopteridia	III	III	III	III				
Pecopteris rarinervosa	+	IIIII	IIIII		+			+
Pecopteris aff. *saraefolia*			III					
Pecopteris cf. *saraeponiana*		IIIII				+		
Pecopteris subelegans			+					
Pecopteris treviranii		IIIIII	IIIIII	III	III	+		
Pecopteris unita	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	III	IIIII
Pecopteris vestita	+							
Pecopteris viannai	III	IIIIIIIII	IIIII	III	+	III	+	+
Sphenopteris biturica-densipennata			+					
Sphenopteris cf. *castelii*		+	IIIII	+				
Sphenopteris chaerophylloides	III							
Sphenopteris danzei	+							
Sphenopteris decorpsii		+						
Sphenopteris durbanensis		+	III					
Sphenopteris gutbieri	III	III	III	III	+			
Sphenopteris leptophylla		IIIII	IIIIIIIII	IIIII	III	+	+	III
Sphenopteris mathetii		III	IIIII		+			
Sphenopteris mendes-correae		III	IIIII	+				
Sphenopteris minutisecta								
Sphenopteris picardetii			+					
Sphenopteris rutæfolia			+					
Sphenopteris sp.		IIIIII	+	+				III
Alloiopteris aff. *erosa*	+							
Fructifications *Dicksoniites*								
Pachytesta gigantea		+						
Pachytesta sp.		III	+					
Trigonocarpus sp.								+
Alethopteris ambigua		III						
Alethopteris cf. *magna*		+						
Alethopteris pennsylvanica		III	IIIIII				IIIIII	+
Alethopteris zeilleri	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII			IIIIII	IIIIII
Neuropteris cordata		+	III					+
Neuropteris osmundae		IIII	III	IIIII	+	III		IIIII
Neuropteris ovata	IIIII							
Neuropteris praedentata	III	III	III				III	
Neuropteris pseudoblissi		III	III					+

Source : MNHN, Paris

Taxons	Rive de Gier	Gruner	Beaubrun	Littes	Bellevue	Couron-nement	Couron-nement et Talaudière	Saint-Etienne s. l.
Neuropteris sp.	+	+	III					
Neurocallipteris planchardii	III	IIIII	III	III	IIIII	III	+	
Reticulopteris germari	+	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	III	III	IIIII
Linopteris brongniartii		IIIIII	IIIIII	IIIIII	+		III	IIIII
Linopteris neuropteroides	+							
Linopteris sp.		+						
Odontopteris bourranensis								+
Odontopteris brardii		IIIIII	IIIIII	III		+	+	III
Odontopteris aff. *cantabrica*								+
Odontopteris minor			IIIIII	IIIIII				III
Odontopteris m. forme "allongée"			III					
Odontopteris pseudoschlotheimii		III	IIIIII	IIIIII			+	III
Odontopteris reichiana	III	IIIIII	IIIIII	IIIIII		+	III	IIIIII
O. subcrenulata var. *elongata*		III	III					
Cyclopteris sp.			IIIIII	IIIIII	+		IIIII	
Lescuropteris genuina								+
Eusphenopteris rotundiloba	+							
Pseudomariopteris busquetii		IIIIII	IIIIII	IIIIII			III	+
Pseudomariopteris ribeyroni		III	III	III	+		+	
Dicksoniites pluckenetii							+	
Dicksoniites sterzelii		IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III	IIIIII	IIIIII
Callipteridium gigas		IIIIII	IIIIII	IIIIII	III			III
Callipteridium pteridium	III	IIIIII	IIIIII	IIIII			III	+
Callipteridium rotundifolium		IIIIII	IIIIII	III			IIIIII	+
Autunia conferta			III			+		
Arnhardtia mouretii			+					
Dichophyllum flabelliferum			+					
Lodevia nicklesii			+	+				
cf. "*Callipteris*" sp.			III					
Taeniopteris abnormis			+	III			+	
Taeniopteris jejunata		IIIII	IIIIII	IIIII		+	+	+
Taeniopteris tenuis							+	
Lesleya sp.		+						
Dolerophyllum pseudopeltatum		III	III					
Artisia transversa								+
Artisia sp.		+						
Cordaites angulosostriatus		+						
Cordaites foliolatus	+	+	III					
Cordaites lingulatus								IIIIII
Cordaites spp.		IIIIII		IIIIII	IIIIII	III	IIIIII	IIIII
Poacordaites microstachys			+					
Poacordaites spp.		IIIIII		IIIIII	IIIIII	III	III	IIIII
Cardiocarpus sp.	III	IIIIII	III	III	III	III	III	III
Cordaianthus sp.	+	+		+				
Dicranophyllum gallicum	+							
Dicranophyllum sp.	+	III	III	+				
Feysia sp.								+
Hermitia gallica								
Walchia piniformis		IIIIII		III				
Walchia sp.			III					

Identifié dans une seule localité de l'assise	+
Identifié dans 2 à 5 localités de l'assise	III
Identifié dans 5 à 10 localités de l'assise	IIIII
Identifié dans au moins 11 localités de l'assise	IIIIII

taxons comptés au total : 5456

Source : MNHN, Paris

(DOUBINGER & VETTER,1985) dont certaines n'ont pas été décrites dans le présent travail. Taxons palynologiques et structures silicifiées n'ont pas été portés sur le tableau. Celui-ci donne la répartition des espèces dans la succession stratigraphique des différentes formations étudiées, de l'assise de Rive de Gier à la Formation de Couronnement. Deux autres colonnes séparées concernent les pièces provenant, d'une part de la Chazotte-Talaudière noté « C + T », d'autre part du bassin *s.l.*, sans localisation plus précise, noté « S.E. ». L'indication de l'abondance des espèces dans les différents niveaux permet de visualiser l'évolution de leur distribution dans la série.

* — **Fonds commun**.

Onze espèces seulement sont présentes constamment dans toutes les formations : *Sphenophyllum oblongifolium*, *Annularia sphenophylloides*, *Pecopteris cyathea*, *P. daubreei*, *P. plumosa*, *P. polymorpha*, *P. unita*, *P. viannae*, *Neurocallipteris planchardi*, *Reticulopteris germarii*, *Dicksonites sterzelii* ainsi que des *Cordaites* et des *Poa-cordaites* dont la détermination spécifique est peu aisée.

Cet ensemble constitue le « fonds commun » des flores stéphaniennes (cf. DOUBINGER & VETTER, 1969).

* — **Espèces propres à chaque faisceau**. Il s'agit d'espèces qui se rencontrent uniquement dans un faisceau donné.

	Nombre total d'espèces par faisceau	Nombre d'espèces propres à chaque faisceau
F. de la Péronnière (R. de G.)	82	25
F. de Gruner	97	11
F. de Beaubrun	94	12
F. de Bellevue	42	2
F. de Couronnement	29	0
Chazotte-Talaudière	49	3

Au total, 53 espèces ne se rencontrent qu'une seule fois dans la série stratigraphique de Saint-Étienne, on les appellera « espèces cantonnées » ; elles représentent environ 1/5 de l'ensemble des espèces répertoriées.

* — **Variation de l'ensemble floristique**.

a) Le faisceau de la Péronnière accuse son caractère particulier avec 25 espèces qui lui sont propres, dont de nombreuses Lycophytes arborescentes et des formes déjà communes dans le Westphalien supérieur tels *Neuropteris ovata*, *Sphenopteris chaerophylloides*, *S. danzei*, *Alloiopteris erosa*.

b) Avec le faisceau de Gruner, on note la disparition de la plupart des Lycophyta ainsi que des espèces héritées du Westphalien (les 25 espèces propres au faisceau de la Péronnière). En revanche, on constate l'arrivée de nombreuses espèces de Pteridophyta : *Pecopteris* et *Sphenopteris* divers ; des Pteridospermopsida : *Odontopteris* et *Neuropteris* très diversifiés et abondants ; la fréquence d'*Alethopteris zeilleri* et des *Callipteridium*. C'est également dans ce faisceau que l'on rencontre pour la première fois *Walchia piniformis*. Il existe donc un véritable hiatus floristique entre le faisceau de la Péronnière et celui de Gruner.

c) Dans le faisceau de Beaubrun, l'événement marquant est la première présence *d'Autunia* (al. *Callipteris*) *conferta* et celle d'autres Calliptéridées : *Lodevia nicklesii*, *Dichophyllum flabellifera*, *Arnhardtia mouretii* ainsi que celle de *Taeniopteris abnormis*.

Il faut souligner le très grand nombre d'espèces (diversification maximale) dans les faisceaux de Gruner et Beaubrun (près de 100 espèces pour chacun et 71 taxons communs), ce qui indiquerait

Source : MNHN, Paris

une grande stabilité du milieu. On notera également que ce sont les deux faisceaux qui contiennent le plus grand nombre de couches de charbon (voir tableau 2).
On constate un fléchissement très net du nombre d'espèces dans le faisceau des Littes avec une trentaine de moins par rapport à Gruner et Beaubrun. Cette décroissance se poursuit dans le faisceau de Bellevue (42 espèces seulement) et s'accuse encore avec la Formation de Couronnement qui ne renferme plus que 29 espèces.

d) On remarquera, de plus, que le nombre d'espèces propres à chaque faisceau se réduit à 2 dans l'ensemble « Littes-Bellevue ».

Ce sont surtout les Pteridospermopsida qui se raréfient (*Odontopteris*, *Alethopteris*, *Neuropteris*) alors que les *Pecopteris* se maintiennent ainsi que les Sphenophyta, les Calamariaceae et les *Cordaitopsida* ; on remarque ponctuellement la présence *d'Autunia conferta* et de *Taeniopteris abnormis*.

On distingue donc très nettement, dans le bassin de Saint-Étienne, deux ensembles floristiques successifs très dissemblables :

— un assemblage inférieur, restreint aux strates de l'assise de Rive de Gier, d'affinités westphaliennes et, *a fortiori*, cantabriennes très marquées ; les taxons communs au Westphalien sont, en définitive, plus nombreux que ceux retrouvés dans l'assise de Saint-Étienne sus-jacente. Ces caractéristiques s'observent tant dans les macroflores que dans les microflores.

— un cortège supérieur, très renouvelé par rapport au précédent, qui s'installe de façon stable pour toute la période de sédimentation houillère dans le bassin. Les fluctuations observées relèveraient surtout de facteurs écologiques locaux.

L'analyse de la signification de la diminution du nombre d'espèces dans les couches sommitales de la série reste extrêmement complexe. Il est en effet délicat de faire la part de l'importance relative des diverses causes pouvant être invoquées :

— changement de climat (? aridification progressive) : la persistance des Filicophytes et *Calamariaceae* suggère, au moins, une certaine permanence des conditions antérieures ;

— dynamique propre du bassin : déplacement des aires de sédimentation, ralentissement (voire arrêt) de la subsidence entraînant un comblement plus ou moins rapide du bassin et la disparition de la sédimentation phytogène ;

— rapidité d'évolution différente au sein des diverses lignées végétales, en liaison avec des « stratégies » biologiques distinctes : disparition de nombreuses Pteridospermopsida (à graines)/persistance des Filicophytes (sporangiées), par exemple ;

Le Cantabrien

Derivatio nominis : Monts Cantabriques (Espagne du Nord-Ouest).

« Le Cantabrien est constitué par des couches plus jeunes que le Westphalien D (elles suivent le Westphalien D en série continue) et qui sont plus anciennes que le Stéphanien A comme il a été défini par Pruvost et Jongmans (1950) dans la série classique de Saint-Étienne » (Bouroz *et al.*, 1972 : 245).

L'étude de la flore de Saint-Étienne n'est donc, par définition, d'aucun secours pour analyser cet étage. Quelques remarques peuvent cependant être faites.

L'étage Cantabrien correspond à la biozone « Cantabrica » de Wagner (1984). Dans son analyse de la composition de cette biozone, cet auteur indique que le taxon-guide de la zone, *Odontopteris cantabrica*, apparaît déjà dans le sommet de la zone *vestita* (= passage Westphalien D — Cantabrien) où il est cependant très rare. *O. cantabrica* traverse presque toute la zone mais **n'en atteint pas le sommet**. *O. cantabrica* est similaire, mais probablement pas identique à *O. aequalis*, une espèce nord-américaine de niveaux à peu près équivalents.

Source : MNHN, Paris

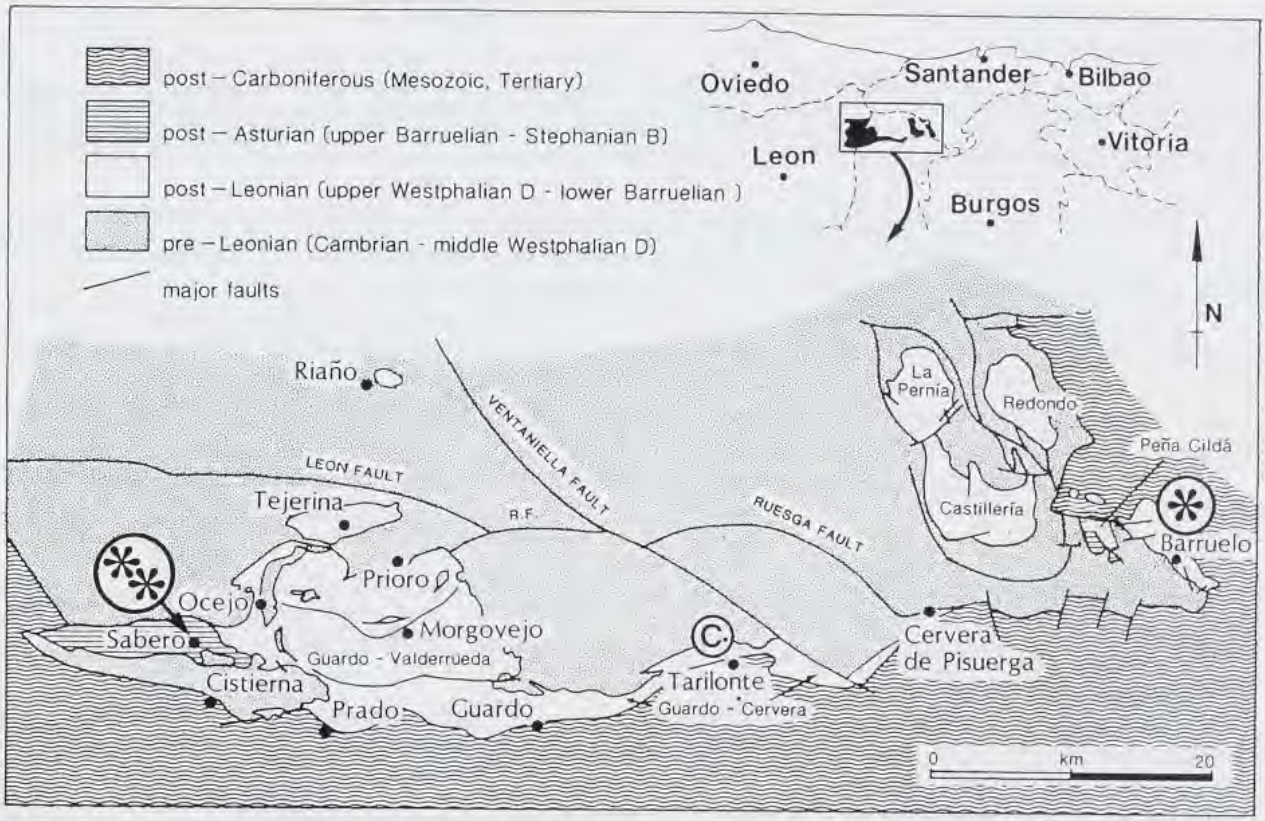


FIG. 393. — Localisation géographique des stratotypes de limites du Cantabrien et du Barruelien : C. = Cantabrien inférieur ; * = Cantabrien supérieur et Barruelien inférieur ; ** = Barruelien supérieur. D'après WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985, modifié.

*FIG. 393. — Geographic location of the Cantabrian and Barruelian boundaries stratotypes: C. = Lower Cantabrian; * = Upper Cantabrian and Lower Barruelian; ** = Upper Barruelian. After WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985, modified.*

Pour le reste, les espèces citées dans cette biozone sont toutes connues dans des niveaux plus élevés du Stéphanien, notamment le Stéphanien A dans son acception « classique », ou dans le Westphalien.

De même LYS (1988 : 89) note-t-il que : « Cet étage « Cantabrien » *sensu* R. H. Wagner, qui comprend à la fois un Myachkovien supérieur typique à *Fusulinella* et un Kasimovien inférieur typique à *Protriticites* observés successivement, ne peut trouver présentement sa validité ».

On est, d'autre part, frappé par la très grande rareté des Lycophytes arborescentes (particularité « ibérique » que l'on retrouvera dans le Barruelien) dans les listes de plantes citées par les auteurs. La définition biostratigraphique de cet étage mériterait donc d'être précisée davantage.

Pour RÉMY (1975), l'assemblage floristique décrit dans les Monts Cantabriques représente d'ailleurs une flore locale dans laquelle les associations mésophiles sont représentées davantage que dans les autres bassins.

LE BARRUELIEN

Le nom de « Barruelien » a été proposé en 1983 au 10e Congrès International de Stratigraphie du Carbonifère pour remplacer le Stéphanien A (WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985). Cette proposition a été, depuis, entérinée par l'I.U.G.S. (COWIE, 1989, tableau 7).

Source : MNHN, Paris

Derivatio nominis : Barruelo de Santullán, village minier de la province de Palencia (Monts Cantabriques), Espagne.

Limite supérieure : à Sabero, 130 km à l'Ouest de Barruelo, (fig. 393) en milieu continental, à la base du Stéphanien B « étage à stratotype indéterminé et sans dénomination formelle » (WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985) que nous incluons dans le « Forézien », nouvel étage défini à Saint-Étienne (voir plus loin).

Stratotype de limite inférieure : défini, à la base d'une série de 60 m de strates marines et terrestres entremêlées (formation « Carboneros »), par « un riche assemblage de restes de plantes flottées : localités 1728 et 1729 » (WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985).

Les faunes marines du membre Carboneros (bivalves, gastropodes, ostracodes et crinoïdes) n'ont pas été étudiées. La définition du Barruelien repose donc, exclusivement, sur ses macroflores terrestres.

Le contenu floristique global du Barruelien est recensé dans le tableau 9. Pour comparaison, la flore de Rive de Gier est récapitulée dans le tableau 10.

À la lumière de notre révision, nous pouvons formuler quelques observations sur cet étage « Barruelien ».

Problème de la définition biostratigraphique du Barruelien

L'index stratigraphique majeur utilisé pour caractériser le Barruelien est *Lobatopteris* (= *Pecopteris*) *lamuriana*.

Outre que cette espèce n'apparaît pas dans l'association du stratotype de limite inférieure de cet étage (WAGNER & WINCKLER-PRINS, 1985), son utilisation comme taxon-guide à valeur globale ne peut plus être justifiée. Elle repose, en effet, sur l'existence d'une lignée évolutive *Lobatopteris vestita* → *Lobatopteris lamuriana* mise en évidence dans les Monts Cantabriques et qui aurait une valeur générale impliquant une même succession à la même vitesse à l'échelle mondiale, à savoir : *L. vestita* (Westphalien D sup. — Cantabrien sup.) ; forme de transition « *L. vestita-lamuriana* » (Cantabrien sup.) ; *L. lamuriana* (Cantabrien sup. — Stéphanien A sup.)

Une telle approche ne peut plus être maintenue.

Dans le bassin de Puertollano (Espagne centrale), daté Stéphanien B supérieur (WAGNER, 1985), *L. lamuriana* et la « forme de transition » apparaissent sur les mêmes dalles.

Dans le bassin permien de Guadalcanal, Espagne (BROUTIN, 1986), ces deux mêmes « formes » existent en abondance dans les mêmes horizons.

BLAZEY (1974) figure un spécimen typique de la « forme » *vestita-lamuriana* (*sensu* Wagner) dans le Permien inférieur d'Amérique du Nord.

Il est clair que l'on se trouve là en présence d'une espèce qui persiste plus ou moins longtemps à l'échelle géologique, suivant les localisations, interdisant son emploi pour des corrélations à longue distance.

Sa « disparition » au sommet du Barruelien semble effective dans le Massif Central français et les Monts Cantabriques où il pourrait être considéré comme un index *régional*.

On peut d'autre part s'interroger sur la réalité biologique de telles lignées phylétiques fondées exclusivement sur des morphologies de feuillage stérile de Ptéridophytes. Ne pourrait-il pas s'agir davantage de phénomènes de variabilité morphologique au sein de frondes de grandes dimensions ? Là encore, une redéfinition biostratigraphique semblerait appropriée.

Problème des Lycophytes arborescentes

L'association de Rive de Gier comprend encore un important cortège de Lycophytes arborescentes (tableau 10) qui semble ne pas exister dans les macroflores des Monts Cantabriques. La disparition de cette végétation est considérée comme coïncidant avec la limite Westphalien-Stéphanien en Amérique du Nord (PHILLIPS, 1974) et en Russie (SHCHEGOLEV, 1975).

Source : MNHN, Paris

Il y aurait donc persistance de ces végétaux jusque dans le Stéphanien inférieur à Saint-Étienne.

Le problème de l'interprétation d'un tel décalage entre Massif Central français et Amérique du Nord reste à analyser en faisant peut-être appel aux différences d'environnement (bassins paraliques/ bassins limniques).

TABLEAU 9. — Contenu floristique global de l'étage Barruelien.
TABLE 9. — Barruelian stage global floristic content.

RG	*	Neuropteris ovata
	*	N. ovata var. deflinei
RG	*	N. ovata var. grand'euryi (= Mixoneura flexuosa)
	*	Cyclopteris fimbriata
	*	Linopteris florinii
RG		L. neuropteroides
		L. cf. elongata
RG		Neuropteris gallica
RG	*	Odontopteris brardii (sensu Wagner)
		O. laxa
		Callipteridium pseudogigas
(RG)	*	C. striatum-zeillerii (cf. C. pteridium)
	*	Alethopteris barruelensis
RG		A. zeillerii
	*	A. bohemica
RG	*	Pseudomariopteris ribeyronii
RG	*	Dicksonites pluckenetii
(RG)		Alloiopteris angustissima
		A. cf. similis
		Sphenopteris elevarica
RG	*	Polymorphopteris polymorpha
RG	*	Lobatopteris micromiltonii
RG		L. viannae
RG		L. lamuriana,
		L. serpentigera, L. pseudovestita, L. ambigua
RG	*	Nemejcopteris foeminaeformis
RG	*	Pecopteris acuta
		P. apicalis
RG	*	P. arborescens, P. candolleana, P. hemitelioides, P. paleacea
RG	*	P. unita
		P. bredovii, P. huchetii, P. daubreii, P. lahouvensis, P. rarinervosa
		Caulopteris sp.
	*	Sphenophyllum alatifolium
		S. cf. nagelii
RG	*	S. oblongifolium
RG	*	Annularia sphenophylloides
RG	*	A. stellata
	*	Calamostachys calatifera, C. tuberculata
		Paleostachya sp ;
		Macrostachya carinata
		Calamites suckowii, C. rugosus, C. schutzeii, C. undulatus
RG	*	Asterophyllites equisetiformis, A. longifolius
RG	*	Poacordaites linearis
		Lepidodendron cf. scutatum
		Sigillaria brardii

Remarques :
— 59 taxons dont 27 communs avec Rive de Gier
— absence quasi totale de Lycophytes arborescentes (formes hygrophiles), contrairement à Rive de Gier
— * : taxons mentionnés dans le stratotype de limite inférieure (membre « Carboneros »)
— **RG** : présent à Rive de Gier.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 10. — Flore de Rive de Gier
TABLE 10. — The Rive de Gier Flora

Lepidodendron beaumontianum*	Pecopteris melendezii
Lepidodendron jarense*	Pecopteris monyi
Lepidodendron ophiurus*	Pecopteris oreopteridia
Lepidodendron aff. rimosum*	Pecopteris paleacea
Lepidodendron aff. simile*	Pecopteris plumosa-dentata
Lepidophloyos anthracinus*	Pecopteris polymorpha
Lepidophloyos macrolepidus*	Pecopteris pseudooreopteridia
Omphalophloyos sp.	Pecopteris rarinervosa
Sigillaria elegans*	Pecopteris subcrenulata
Sigillaria rugosa	Pecopteris unita
Sigillaria scutellata	Pecopteris vestita
Sigillaria tessellata	Pecopteris viannae (= waltonii)
Sigillariophyllum sp.	Sphenopteris chaerophylloides
Sigillariostrobus sp.	Sphenopteris danzei
Syringodendron pachyderma	Sphenopteris rotundiloba
Asolanus camptotaenia	Sphenopteris gutbieri *
Cyperites bicarinata	Alloiopteris erosa
Stigmaria ficoides	Alethopteris zeillerii
Stigmariopsis inaequalis	Callipteridium pteridium
Stigmariopsis ripageriensis	Callipteridium cf. gigas
Sphenophyllum emarginatum	Callipteridium cf. jongmansii
Sphenophyllum oblongifolium	Neuropteris cf. heterophylla
Asterophyllites equisetiformis	Neuropteris ovata
Asterophyllites longifolius	Neuropteris planchardii *
Annularia mucronata*	Neuropteris praedentata *
Annularia sphenophylloides	Linopteris neuropteroides
Annularia stellata	Odontopteris reichiana (= minor)
Calamites cruciatus*	Reticulopteris germarii
Pecopteris abbreviata (= miltonii)*	Dicksonites sterzelii
Pecopteris acuta	Pseudomariopteris ribeyronii
Pecopteris arborescens	Cordaites foliolatus
Pecopteris cyathea	Cordaites forensis
Pecopteris candolleana	Cordaites lingulatus
Pecopteris cf. cistii	Cordaites palmaeformis
Pecopteris daubrei	Cordaites principalis
Pecopteris densifolia	Poacordaites microstachys
Pecopteris densinervosa	Cordaicarpus sp.
Pecopteris jongmansii	Cordaianthus sp.
Pecopteris hemitelioides	Dorycordaites affinis
Pecopteris lamuriana	Dicranophyllum gallicum
Pecopteris lepidorachis	

* : taxons supplémentaires répertoriés par rapport au dernier travail de révision (DOUBINGER & VETTER, 1985).

Barruelien et Assise de Rive de Gier

Pour WAGNER et WINCKLER-PRINS (1985), le Barruelien remplace l'Assise de Rive de Gier comme stratotype du Stéphanien A. Dans sa proposition de zonation floristique pour le Carbonifère, toujours considérée comme référence, WAGNER (1984) soulignait que « l'unique différence essentielle est l'existence, dans la flore de Rive de Gier, de plusieurs espèces de Sigillaires cannelées. L'Assise de Rive de Gier est basse dans le Stéphanien A alors que celle de Lentin, à Carmaux, en représente la partie supérieure ».

Comme on l'a vu (tableau 9), la flore du « stratotype de limite inférieure » renferme 28 taxons seulement pour 59 espèces recensées pour l'ensemble du Barruelien. Dans leur révision de 1985, DOUBINGER & VETTER considèrent que la flore de Rive de Gier comprend huit espèces caractéris-

Source : MNHN, Paris

tiques : *Sphenophyllum emarginatum*, *Pecopteris lamuriana*, *P. vestita*, *P. micromiltonii*, *Renaultia (Sphenopteris) chaerophylloides*, *Alloiopteris erosa*, *Neuropteris ovata* et *Linopteris neuropteroides*.

Sphenophyllum emarginatum, *Renaultia chaerophylloides* et *Alloiopteris erosa* n'existent pas à Barruelo et seules *Pecopteris micromiltonii* et *Neuropteris ovata* sont mentionnées dans le stratotype de limite inférieure.

On constate que l'association floristique de Rive de Gier reste beaucoup plus diversifiée que celle décrite à Barruelo et à Sabero pour le Barruelien.

La caractérisation biostratigraphique du Stéphanien inférieur paraît donc plus précise à Rive de Gier que dans les Monts Cantabriques. L'avantage essentiel du Barruelien reste l'espoir que sa base puisse être mieux définie grâce à la découverte éventuelle de faunes marines significatives, bien conservées, autorisant des comparaisons avec l'échelle marine. C'est, sans doute, ce qui a déterminé sa reconnaissance officielle.

Le « Forézien »

Le problème des « étages » stéphaniens continentaux

La chronostratigraphie du Carbonifère et du Permien, basée sur les plantes fossiles, a été établie pour l'essentiel dans des terrains continentaux. Elle est donc, pour une grande part, indépendante de la chronostratigraphie de référence.

Rémy (1975) remarquait : « Jusqu'à maintenant, aucune corrélation précise suffisamment fiable n'a été mise au point. La *para-chronostratigraphie* continentale, basée sur les plantes (macro- et microfossiles) et les animaux terrestres est une chronostratigraphie ayant ses propres règles et qui doit persister pour des **raisons pratiques** même après qu'une telle corrélation aurait été définie. Il s'agit là d'une situation comparable à celle du Néogène ».

Cette analyse reste tout à fait pertinente pour l'ensemble du Stéphanien et nous nous y référons dans nos remarques et suggestions biostratigraphiques.

En effet, Cantabrien et Barruelien inférieur, bien que définis dans des niveaux marins des stratotypes espagnols, sont datés exclusivement par leur seul contenu floristique continental qui fonde, de plus, les corrélations entre les différentes sections des bassins cantabriques. Les données biostratigraphiques marines restent soit inconnues soit non exploitées de façon précise pour des comparaisons avec les coupes de références marines de la plate-forme russe.

Dans cette logique de para-chronostratigraphie continentale du Stéphanien, et compte tenu de l'état actuel de nos connaissances à l'issue de ce travail, il nous semble que le contenu floristique du bassin de Saint-Étienne reste « l'outil » le plus approprié pour définir le Stéphanien supérieur.

De tous les bassins continentaux stéphaniens d'Europe occidentale, c'est en effet celui de Saint-Étienne qui renferme la flore qualitativement et quantitativement la plus riche et la plus variée, dans l'assise des couches de Saint-Étienne, le faisceau de Bellevue et la Formation de Couronnement.

Les collections correspondantes sont bien localisées et de nombreux affleurements resteront accessibles. D'autre part, aucun gisement renfermant des strates marines et continentales à flores intercalées n'a été décrit pour cette période géologique.

Il apparaît donc scientifiquement et historiquement fondé de caractériser l'étage supérieur de la série officiellement dénommée **Stéphanien** à partir des données stéphanoises.

Nous proposons le nom de « Forézien ».

Derivatio nominis : d'après l'ancien Comté du Lyonnais comprenant, notamment, la région de Firminy et le Sud-Ouest du bassin de Saint-Étienne.

Source : MNHN, Paris

Définition biostratigraphique du Forézien.

Si, comme le souligne RÉMY (1975), la caractérisation des unités biostratigraphiques dans le contexte de l'évolution continue d'une flore au cours du temps doit reposer sur la notion de « première apparition » de taxons nouveaux, nul doute que le contenu floristique de l'assise des couches de Saint-Étienne ne réponde à cette exigence.

Il n'est pas inutile de rappeler que, dans cette approche, *une unité stratigraphique se termine avec l'apparition de l'index fossile nouveau* même si des taxons guides de l'unité plus ancienne persistent. Notons qu'en pratique, une « première apparition » correspond, en fait, à la plus ancienne présence reconnue d'un marqueur donné. Tout cela n'est valable qu'au sein d'une même zone climatique et pour des conditions édaphiques similaires, d'où les multiples écueils rencontrés en milieu continental (cf. paragraphe Interprétation et commentaires).

Les apparitions

Par rapport à la flore de Rive de Gier, on observe, dès les premiers dépôts de l'assise des couches de Saint-Étienne, l'apparition de nombreuses espèces non représentées jusqu'alors, à savoir :

Pecopteris affinis
P. clintonii
P. fœminaeformis
P. major
P. microphylla
P. pectinata
P. platonii
Sphenophyllum longifolium
Sphenopteris mathetii
S. leptophylla (al. Ovopteris pecopteroides)
Odontopteris brardii
O. minor
O. pseudoschlotheimii
O. subcrenulata
Neuropteris cordata
N. pseudoblissii
Linopteris brongniartii
Alethopteris pennsylvanica
Pseudomariopteris busquetii
Taeniopteris jejunata

Il est important de rappeler que ces nombreuses apparitions sont associées à une disparition massive des Lycophytes arborescentes, d'affinités westphaliennes, connues dans l'assise de Rive de Gier.

Par rapport aux terrains plus anciens, les strates du Forézien renferment donc une flore caractérisée par :

1) l'abondance et la variété des *Pecopteris*, traduites par une spéciation intense ;
2) la très grande fréquence d'*Alethopteris zeilleri* et des *Odontopteris* du groupe « *minor-reichiana* » ;
3) la présence de *Neuropteris cordata*, *N. pseudoblissii*, *Odontopteris subcrenulata*, *Pseudomariopteris busquetii*, *Taeniopteris jejunata*, *Sphenopteris mathetii* et *Sphenophyllum longifolium*.

Il s'agit là, véritablement, du cortège représentatif de l'**époque stéphanienne** tant par sa répartition très générale que par ses caractéristiques floristiques. On le retrouve, par exemple, dans tous les bassins français à l'exception de celui de Littry (DOUBINGER & VETTER, 1985). Il correspond aux biozones « *Alethopteris zeilleri* » et « *Sphenophyllum angustifolium* » de R. H. WAGNER (1984). Pour cet auteur, la zone « *Alethopteris zeilleri* » renferme les flores stéphaniennes « standard » du Massif Central français, de la Tchécoslovaquie, des Monts Cantabriques...

Aux endémismes et particularismes près (à Saint-Étienne, *Odontopteris pseudoschlotheimii* paraît bien endémique, alors que *Lescuropteris genuina*, très répandu dans les autres bassins stéphaniens, semble bien y être absent), on dispose, avec ce cortège « forézien », bien défini et très ubiquiste, d'un **outil pratique** pour caractériser une période suffisamment synchrone à l'échelle euraméricaine. Il est à noter que cette association « transgresse » en grande partie les particularités liées aux domaines limnique et paralique.

Source : MNHN, Paris

Cette unité biostratigraphique, définie par son contenu floristique global, peut être regardée comme l'équivalent continental de l'étage marin « Gzhélien » (cf. tabl.7), sans qu'il soit (? jamais) possible d'estimer le degré de synchronisme de leurs limites inférieures et supérieures respectives. Elle correspond aux sous-étages B, C et D de l'ancien étage Stéphanien.

Reste à sélectionner et à définir, dans son « para-stratotype continental » de Saint-Étienne, les assises correspondant à ses limites inférieure et supérieure.

Le Stéphanien Continental

La subdivision du Stéphanien continental en 2 ou 3 unités (voire davantage) a fait l'objet de nombreuses discussions entre stratigraphes au cours des deux dernières décennies. Le débat s'est cristallisé au moment de la proposition d'introduction du Cantabrien comme étage de base de la série stéphanienne en 1972.

La définition des « étages » continentaux du Stéphanien reposant sur les biozones définies à partir des macroflores qui se sont succédé au cours de cette période, Boersma (1979) fit le point sur les conceptions alternatives alors en concurrence : deux ou trois unités stratigraphiques.

Dans ce travail de synthèse, cet auteur souligne que, dès 1963, J. de Maistre faisait clairement ressortir l'absence de différences significatives dans les assemblages de plantes fossiles du Stéphanien « moyen » et du Stéphanien « supérieur », dans le stratotype de Saint-Étienne. Une étude statistique, portant sur plus de 450 espèces provenant de nombreux gisements européens, permit à Boersma de généraliser cette observation à l'ensemble des bassins stéphaniens du domaine euraméricain.

Les seules apparitions censées distinguer le Stéphanien « C » du Stéphanien « B », à savoir : *Pecopteris subelegans* (Potonié) Doubinger [= *Polymorphopteris subelegans* (Pot.) Wagner, = *Alethopteris subelegans* Pot.], *Walchia piniformis* Sternberg, *Sphenophyllum thonii* Mahr et *Taeniopteris jejunata* Grand'Eury emend. Doubinger et Vetter, se révèlent, en fait, souvent présentes dès le Stéphanien inférieur.

Pour Boersma, la subdivision en 2 unités seulement paraît donc « refléter de façon plus adéquate les données biostratigraphiques » (connues à l'époque) que la conception à 3 divisions ou plus. Au même moment, Döring et Kampe (1973) étaient parvenus, indépendamment, à une conclusion identique.

Notre révision de la flore du bassin de Saint-Étienne conforte, comme on l'a vu, l'approche défendue par Boersma et pressentie, dès 1963, par J. de Maistre.

Or, à l'heure actuelle, la nécessité d'une harmonisation entre découpages chronologiques en milieux marin et continental de la série stéphanienne, proposée officiellement dès 1975 par la Sous-Commission de Stratigraphie du Carbonifère, fait l'objet d'un large consensus. Il nous paraît donc raisonnable de proposer le découpage du Stéphanien continental en 2 termes stratigraphiques, définis par les assemblages floristiques qu'ils renferment :

— un membre inférieur, regroupant Cantabrien et Barruelien (= assise de Rive de Gier *p.p.*), d'affinités westphaliennes encore extrêmement nettes, pour laquelle une dénomination globale reste à déterminer ;

— un membre supérieur, correspondant vraiment à la flore stéphanienne « standard » pour laquelle nous suggérons donc le nom de « Forézien ».

Ces unités sont seules utilisables pour des corrélations à longue distance, eu égard aux données biostratigraphiques à notre disposition qui paraissent maintenant quasiment « exhaustives ».

Elles ont donc, à notre sens, valeur d'étage et sont équivalentes aux deux étages marins, sans que leurs limites respectives soient nécessairement synchrones.

Des subdivisions plus réduites peuvent, bien entendu, être définies en fonction des nécessités régionales ou locales.

Source : MNHN, Paris

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui leur ont permis d'accéder aux collections, dont la révision constitue la base même de ce travail, en particulier : M^me^ BLANC, Sous-Directrice au Muséum national d'Histoire naturelle et Conservateur de la Galerie de Paléobotanique ; MM. PERRIN et JACQUEMIN, Géologues à l'École des Mines de Saint-Étienne ; les Professeurs de Sciences Naturelles du Lycée Fauriel de Saint-Étienne ; M. PRIEUR, Conservateur des collections de Paléontologie de l'Université de Lyon I.

M. HAMEL, dessinateur « bénévole » auprès du Laboratoire de Palynologie de l'Université de Strasbourg, s'est révélé irremplaçable en réalisant les tableaux et figures au trait et la splendide carte hors-texte qui illustrent cet ouvrage. Nous ne saurions trop l'en remercier.

Nous remercions également M. NICAISE, photographe au Laboratoire de Paléobotanique et Paléoécologie, pour le tirage de l'illustration de couverture.

Cette publication est la contribution n° 95-080 ISEM — Montpellier.

Source : MNHN, Paris

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AISENVERG, D.E., 1975. — *Field excursion Guidebook for the Donets Basin, 8ème Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonifère*. « Nauka » Ed., Moscow, 360 p.

ALPERN, B., 1957. — Contribution aux méthodes et à la systématique palynologique et pétrographique des charbons. Applications au problème de la corrélation des couches. *Thèse*. Paris : 1-314.

ALPERN, B. & DOUBINGER, J., 1973. — *Microfossiles organiques du Palaeozïque, 6 — Spores : Les microspores monolètes du Paléozoïque*. Éditions du C.N.R.S., Paris : 103 p., 22 pl.

ALPERN, B. & LAMOTTE, M., 1963. — Étude palynologique du Houiller de Saint-Étienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **256** : 4057-4059.

ALVAREZ-RAMIS, C., 1965. — Primera aportación al estudio de los « *Sphenopteris* » del carbonifero español. a. Estefaniense : 1ª parte. *Estudios geologicos*, (España), **21** : 1-141, pl. 1-63.

ALVAREZ-RAMIS, C. & DOUBINGER, J., 1976. — Sphénoptéridées du bassin houiller de St-Étienne (Loire, France). *Comptes Rendus 101e Congrès National Sociétés Savantes, Lille, 1976, Sciences*, **1** : 23-27, 1 pl.

AMEROM, H.W.J. VAN, 1975. — Die Eusphenopteridischen Pteridophyllen. *Mededeligen Rijks Geologishe Dienst*, C-III-1, **7** : 1-208, pl. 1-48.

ANDREWS, N.H. & DOUBINGER J., 1970. — Tiges et pétioles des fossiles *In* : E. Boureau (ed.), *Traité de Paléobotanique, Filicophyta*, **4** (1), Masson, Paris : 183-203.

ARTIS, E.T., 1825. — *Antediluvian Phytology*. London : 1-24.

BABU, L. 1900. — L'Ecole des Mines de Saint-Étienne. *Bulletin de la Société d'Industrie Minérale*, **3** (14) : 277-446.

BAILY, W., 1860. — On *Corynepteris*, a new generic form fossil fern ; with observations on the associated plants from the coal-measures of Glin County of Limerick. *Journal of the Geological Society (Dublin)* : 237-241, pl. 21.

BARTHEL, M., 1968. — « *Pecopteris* » *feminaeformis* (Schlotheim) Sterzel und « *Araucarites* » *spiciformis* Andrae. *In* : Germar. Coenopterideen des Stephans und Unteren Perms. *Paläontologische Abhandlungen*, (B), **11** (4) : 727-742, fig. 1-4, pl. 1-5.

BARTHEL, M., 1976. — Die Rotliegendenflora Sachsens. *Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden*, **24** : 1-190, pl. 1-97.

BARTHEL, M., 1980. — *Pecopteris*-Arten E.F. von Schlotheims aus Typuslokalitäten in der DDR. *Schriften des geologische Wissenschaften*, Berlin, **16** : 275-304, pl. 1-8.

BARTHEL, M., 1981. — *Alethopteris subelegans* (H. Potonié) Franke ist ein Farn. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften.*, **9** (8) : 921-927, 1 fig. , 2 pl.

BEAUNIER, 1816. — Mémoire sur la topographie extérieure et souterraine du territoire houiller de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier (dépt. de la Loire). *Annales des Mines*, **2** : 1-176, carte h.-t. au 1/50000.

BELLON, F., 1973. — Esquisse d'une description géologique du département de la Loire. *Travaux du Laboratoire de Sciences Naturelles du Lycée Fauriel, St-Étienne*, Centre Départemental de Documentation Pédagogique de la Loire, Saint-Étienne : 1-238, 45 fig.

BELLON, F. & CHAMPIER, G., 1979. — *État actuel des connaissances sur la stratigraphie, la tectonique et l'histoire du bassin houiller de Saint-Étienne*. Centre Départemental de Documentation Pédagogique de la Loire, Saint-Étienne.

BERTRAND, C.E., 1907a. — Les caractéristiques du genre *Taxospermum* de Brongniart. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **54** : 213-224.

BERTRAND, C.E., 1907b. — Les caractéristiques du genre *Diplotesta* de Brongniart. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **54** : 389-402.

BERTRAND, C.E., 1907c. — Les caractéristiques du genre *Leptocaryon* de Brongniart. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **54** : 452-458.

BERTRAND, C.E., 1907d. — Les caractéristiques du genre *Rhabdocarpus* d'après les préparations de la collection Renault. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **54** : 654-664.

BERTRAND, C.E., 1908a. — Les caractéristiques du genre *Cycadinocarpus* d'après les graines silicifiées étudiées par Ad. Brongniart et B. Renault. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **55** : 391-396.

BERTRAND, C.E., 1908b. — La spécification des *Cardiocarpus* de la collection Renault. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **55** : 454-462.

Source : MNHN, Paris

BERTRAND, C.E., 1909. — Sur le genre *Campsotesta* de Ad. Brongniart (graine fossile du terrain stéphanien). *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg*, 2e s., suppl. **3** : 187-212, pl. 11.

BERTRAND, C.E., 1911. — Le bourgeon femelle des Cordaïtes d'après les préparations de Bernard Renault. *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy* : 3-61, 5 pl.

BERTRAND, C.E. & CORNAILLE, F., 1910. — Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **150** : 1019-1023.

BERTRAND, C.E. & RENAULT, B., 1886. — Remarques sur le *Poroxylon stephanense*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **103** : 765-767.

BERTRAND, C.E. & RENAULT, B., 1887. — Recherches sur les Poroxylons, Gymnospermes fossiles des terrains houillers supérieurs. *Archives Botaniques du Nord de la France*, Paris, **2** : 243-389.

BERTRAND, C.E. & RENAULT, B., 1889. — Les Poroxylons. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, **2** : 5-60.

BERTRAND, P., 1907. — Classification des Zygoptéridées d'après les caractères de leurs traces foliaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **145** : 775-777.

BERTRAND, P., 1908. — Note sur la flore des veines de Liévin. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **37** : 296-302.

BERTRAND, P., 1909. — Études sur la fronde des Zygoptéridées. *Thèse*, Lille : 286, 16 pl.

BERTRAND, P., 1912. — Nouvelles remarques sur la fronde des Zygoptéridées. *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, **25** : 1-38, pl. 1-4.

BERTRAND, P., 1913. — L'étude anatomique des Fougères anciennes et les problèmes qu'elle soulève. *Progressus Rei Botanicae*, Iena, **4** : 182-302.

BERTRAND, P., 1918a. — Les grandes divisions paléontologiques du Bassin de la Loire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **167** : 689-691.

BERTRAND, P., 1918b. — Caractères distinctifs des flores houillères de St-Étienne et de Rive-de-Gier. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **167** : 760-762.

BERTRAND, P., 1919a. — Sur la flore du bassin houiller de Lyon (bassin houiller du bas-Dauphiné). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **168** : 174-176.

BERTRAND, P., 1919b. — C. Grand'Eury, notice nécrologique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **4** (19) : 148-162.

BERTRAND, P., 1925. — Tableau de la succession régulière des zones végétales dans les bassins houillers français. *Comptes Rendus 13e Congrès Géologique International*, Belgique, 1922.

BERTRAND, P., 1928. — Echelle stratigraphique du terrain houiller de la Sarre et de la Lorraine. *Comptes Rendus 1er Congrès de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Heerlen, Hollande.

BERTRAND, P., 1929a. — Stratigraphie du Westphalien et du Stéphanien dans les différents bassins houillers. *Comptes Rendus du 1er Congrès pour l'avancement des Études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen, 1927 : 93-101.

BERTRAND, P., 1929b. — Valeur des flores pour la caractérisation des différentes assises du terrain houiller et pour la synchronisation de bassin à bassin. *Comptes Rendus du 1er Congrès pour l'avancement des Études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen, 1927 : 103-116.

BERTRAND, P., 1930. — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1. Flore fossile. Neuroptéridées. *Étude des Gîtes Minéraux de la France* : 1-58, 30 pl.

BERTRAND, P., 1937. — Tableaux des flores successives du Westphalien supérieur et du Stéphanien. *Comptes Rendus du 2e Congrès pour l'avancement des Études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen, 1935, **1** : 67-79.

BERTRAND, P. & PRUVOST, P., 1937. — La question du Westphalien et du Stéphanien en France. *Comptes Rendus du 2e Congrès pour l'avancement des Études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen, 1935, **1** : 103-116.

BLAZEY, E.B., 1974. — Fossil flora of the Mogollon Rim, Central Arizona. *Palaeontographica*, (B), **146** (1/2) : 1-20.

BLONDEL, F., 1925a. — *Étude du bassin houiller à l'Ouest de Saint-Étienne*. **1** : 1-122, 1 vol. planches.

BLONDEL, F., 1925b. — Les mouvements géologiques du bassin houiller à l'Ouest de Saint-Étienne. *Revue de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **118** : 497-512, 10 fig.

BOERSMA, M., 1978. — A survey of the fossil flora of the « Illinger Flözzone » (« Heusweiler Schichten », lower Stephanian, Saar, German Federal Republic). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **26** : 41-92, pl. 1-17.

BOERSMA, M., 1979. — The plant megafossils of the « Heusweiler Schichten » (Saar Basin, German Federal Republic) with special reference to the division of the Stephanian. *In* Palaeontological characteristics of the main subdivisions of the Carboniferous. *Comptes Rendus du 8e Congrès International sur la Stratigraphie et la Géologie du Carbonifère*, Moscou, *1975*, **3** : 159-171.

BORY DE SAINT VINCENT, 1804. — *Voyage dans les quatre îles des mers d'Afrique*. Buisson, Paris : 262 p.

BOUREAU, E., 1951. — Sur un nouveau *Medullosa* du Stéphanien de Rive-de-Gier. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **6** (1) : 419-423, pl. 13-14.

BOUREAU, E., 1964. — *Traité de Paléobotanique*. **3**. *Sphenophyta, Noeggerathiophyta*. Masson, Paris. 544 p.

BOUREAU, E., 1967. — *Traité de Paléobotanique*. **2**. *Bryophyta, Psilophyta, Lycophyta*. Masson, Paris. 845 p.

BOUREAU, E., 1970. — *Traité de Paléobotanique*. **4** (1). *Filicophyta*. Masson, Paris. 519 p.

BOUREAU, E., & DOUBINGER, J., 1975. — *Pteridophylla* (première partie). *In* : E. Boureau (éd.), *Traité de Paléobotanique*, **4** (2), Masson, Paris. 768 p.

Source : MNHN, Paris

BOUROZ, A., 1966. — Fréquence des manifestations volcaniques au Carbonifère supérieur en France. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **263** : 1025-1028, 4 pl.

BOUROZ, A., 1970. — Synthèse des corrélations par les cinérites, des bassins stéphaniens français (Massif Central, Alpes externes, Jura). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **271** (D) : 1171-1174, 1 fig.

BOUROZ, A., 1972. — Utilisation des marqueurs d'origine volcanique en stratigraphie. Exemples d'application dans les gisements houillers. *Mémoires du Bureau de Recherche Géologique et Minière*, **77** : 473-493.

BOUROZ, A., 1978. — Essai de synthèse tectonique du bassin houiller de Saint-Étienne. *Revue de la société de l'Industrie minérale.*, **60** (10) : 493-519.

BOUROZ, A. & DOUBINGER, J., 1977. — Report on the Stephanian-Autunian Boundary and the contents of Upper Stephanian and Autunian in their Stratotypes. Symposium on Carboniferous Stratigraphy. *Ustredni Ustav. Geologicky*, Prague : 147-169.

BOUROZ, A. & DOUBINGER, J., 1978. — La position stratigraphique du faisceau de la Talaudière et du poudingue mosaïque dans le Carbonifère de Saint-Étienne. *Revue de la Société de l'Industrie minérale*, **60** (10) : 485-492.

BOUROZ, A., EINOR, O. L., GORDON, M., MEYEN, S.V. & WAGNER, R.H., 1978. — Proposition pour une classification chronostratigraphique internationale du Carbonifère. *Revue de la Société de l'Industrie Minérale*, 60 (10) : 469-483.

BOUROZ, A., GRAS, H. & WAGNER, R.H., 1970. — A propos de la limite Westphalien-Stéphanien et du Stéphanien inférieur. *Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, **55** : 205-225.

BOUROZ, A., KNIGHT, J.A., WAGNER, R.H. & WINKLER-PRINS C.F., 1972. — Sur la limite Westphalien-Stéphanien et sur les subdivisions du Stéphanien inférieur *sensu lato*. *Comptes Rendus du 7e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Krefeld, 1971 : 241-261.

BRONGNIART, Ad., 1822. — Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en général et sur ceux des terrains de sédiment supérieur en particulier. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris*, **8** : 203-240.

BRONGNIART, Ad., 1828-1838. — *Histoire des végétaux fossiles ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermés dans les diverses couches du globe*. Paris, Dufour & d'Ocagne, **1** : 1-136 (1828), 137-208 (1829), 209-248 (1830), 249-264 (1831), 265-288 (1832), 289-336 (1834), 337-368 (1835), 369-488 (1836) ; **2** : 1-24 (1837), 25-72 (1838) ; **1** : pl. 1-166 ; **2** : pl. 1-29.

BRONGNIART, Ad., 1828. — Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles. *Grand dictionnaire d'Histoire naturelle*, Paris, **57** : 170-212.

BRONGNIART, Ad., 1849. — Tableau des genres de végétaux fossiles considérés sous le point de vue de leur classification botanique et de leur distribution géologique. *Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle*, **13** : 1- 127.

BRONGNIART, Ad., 1872. — Rapport sur un Mémoire de M. Grand'Eury intitulé « Flore carbonifère du département de la Loire ». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **75** : 391-411.

BRONGNIART, Ad., 1874. — Études sur les graines fossiles trouvées à l'état silicifié dans le terrain houiller de Saint-Étienne. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **5** (20) : 234-265, pl. 21-23.

BRONGNIART, Ad., 1881. — *Recherches sur les graines fossiles silicifiées*. Masson, Paris : 93, pl. 1-21.

BROUSMICHE, C., 1983. — *Les fougères sphénoptéridiennes du Bassin houiller Sarro-Lorrain (Systématique — Stratigraphie)*. Société Géologique du Nord, **10 :** 479 p., 100 pl.

BROUTIN, J., 1973. — Découverte de fructifications de Zygopteridaceae dans le Carbonifère supérieur du Sud de l'Espagne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **276** : 1567-1540, pl. 1-2.

BROUTIN, J., 1986. — *Étude paléobotanique et palynologique du passage Carbonifère-Permien dans le Sud-Ouest de la péninsule Ibérique. Cahiers de Paléontologie*. Éditions du C.N.R.S., Paris : 165 p., 30 pl.

BROUTIN, J., DOUBINGER, J., FARJANEL, G., FREYTET, P., KERP, H., LANGIAUX, J., LEBRETON, M.-L., SEBBAN, S., & SATA, S., 1990. — Le renouvellement des flores au passage Carbonifère Permien : approches stratigraphiques, biologie, sédimentologie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **311**, (s. 2) : 1563-1569.

BROUTIN, J., DOUBINGER, J., LANGIAUX, J. & PRIMEY, D., 1986. — Conséquences de la coexistence de flores à caractères stéphaniens et autuniens dans les bassins limniques d'Europe occidentale. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **149** : 15-25.

BROUTIN, J. & KERP, H., 1994. — Aspects of Permian palaeobotany and palynology. XIV. A new form-genus of broad-leaved Late Carboniferous and Early Permian Northern Hemisphere conifers. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **83** : 241-251.

BROWNE, I. M. P., 1925. — Notes on the cones of the *Calamostachys* Type in the Renault and Roche collections. *Annals of Botany*, **39** (154) : 314-318, pl. 9-11.

BUNBURY, C.J.F., 1853. — Fossil plants of the Carboniferous formation of the Neighbourhood of Bussaco in Portugal. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **9** : 143-146, pl. 7.

BURDET, H.M., 1988. — Version française du CODE INTERNATIONAL DE LA NOMENCLATURE BOTANIQUE adopté par le Quatorzième Congrès International de Botanique, Berlin, juillet-août 1987. *Boissiera, Mémoires de Botanique systématique*, Genève, **42** : 1-136.

BUREAU, E., 1893. — *Les collections de botanique fossile du Muséum d'Histoire Naturelle. In* : Centenaire de la fondation du Muséum d'Histoire Naturelle, volume commémoratif publié par les Professeurs, Imprimerie Nationale, Paris : 349-372.

Source : MNHN, Paris

BUREAU, E., 1900. — Notice sur la Galerie de Paléontologie végétale. *In* : Notices sur les Musées et Collections géologiques, minéralogiques et paléontologiques publiques de Paris en 1900. *Comptes Rendus du 8e Congrès Géologique International* : 15-23.

CARPENTIER, A., 1924. — Sur les végétaux à structures conservées d'un silex permien. *Revue Générale de Botanique*, **36** : 241-252, pl. 6.

CARPENTIER, A., 1932. — Étude des végétaux à structures conservées. Silex stéphanien de Grand'Croix (Loire). *Mémoires et Travaux de la Faculté Catholique de Lille*, **40** : 1-30, pl. 1-15.

CARPENTIER, A., 1932b. — Observations sur la flore des schistes permiens de Lodève. (Hérault). *Bulletin de la Société Géologique de France*, (5) **1** : 189-194.

CHALONER, W.G., 1953. — On the megaspores of *Sigillaria*. *Annals & Magazine of Natural History*, **12** (6) : 881-897.

CHALONER, W. G., 1958. — *Polysporia mirabilis* Newberry a fossil Lycopod cone. *Journal of Paleontology*, **32** (1) : 199-209.

CHALONER, W. G., 1962. — A *Sporangiostrobus* with *Densosporites* microspores. *Palaeontology*, **5** (1) : 73-85, 2 pl.

CHALONER, W. G. & BOUREAU, E., 1967. — *Lycophyta*. *In* : E. BOUREAU (ed.), *Traité de Paléobotanique*, **2**, Masson, Paris : 434-805.

CHAMPIER, G., SIMAND, R. & DELORME, H., 1981. — L'extraction du charbon à ciel ouvert dans les Houillères du Bassin du Centre et du Midi. *Revue de la Société de l'Industrie Minérale.*, **63** (1) : 13-27.

CLAYTON, G., COQUEL, R., DOUBINGER, J., GUEINN, K. J., LOBOZIAK, S., OWENS, B. & STREEL, M., 1977. — Carboniferous miospores of Western Europe : Illustration and zonation. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst.*, **29** : 1-71, 25 pl.

CLEAL, C.J., SHUTE, C.H. & ZODROW, E.L., 1990. — A revised taxonomy for Palaeozoic Neuropterid foliage. *Taxon*, **39 :** 486-589.

CLEMENT-WESTERHOF, J.A., 1984. — Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology IV. The conifer *Ortiseia* Florin from the Val gardena Formation of the Dolomites and the Vicentinian Alps (Italy) with a revised concept of the *Walchiaceae* (Göppert) Schimper. *Review of Palaeobototany and Palynology*, **41 :** 51-166.

COMBOURIEU, N. & GALTIER, J., 1985. — Nouvelles observations sur *Polypterospermum*, *Polylophospermum*, *Colpospermum* et *Codonospermum*, ovules de Ptéridospermales du Carbonifère supérieur français. *Palaeontographica*, (B), **196** : 1-29.

COQUEL, R., DOUBINGER, J., LOBOZIAK, S., 1976. — Les microspores-guides du Westphalien à l'Autunien d'Europe occidentale. *Revue de Micropaléontologie*, **18** (4) : 200-212.

CORDA, A. J., 1845-1867. — *Beiträge zur Flora der Vorwelt*. Prague : 1-128, pl. 1-60.

CORSIN, P., 1932. — Guide paléontologique dans le terrain houiller du Nord de la France. *Travaux et Mémoires de l'Université de Lille*, **5** : 1-44, 40 pl.

CORSIN, P., 1937. — *Contribution à l'étude des Fougères anciennes du groupe des Inversicaténales*. Sautai, Lille : 247 p., 42 pl.

CORSIN, P., 1950. — Les divisions paléontologiques du Stéphanien du Bassin de la Loire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **230** : 117-119.

CORSIN, P., 1951. — *Études. Gîtes minéraux de la France : Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, 1, Flore fossile, 4, Pécoptéridées* : 175-370, 91 pl.

CORSIN, P. & VILA J.M., 1963. — *Sphenopteris durbanensis* nov. sp., nouvelle Sphénoptéridée du Stéphanien moyen de Durban-Corbières (Aude). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **7** (5) : 901-902, pl. 23.

COSTA, S.,1990. — *De la collision continentale à l'extension tardi-orogénique, 100 millions d'années d'histoire varisque dans le Massif Central français. Une étude chronologique par la méthode 40 Ar-39 Ar*. Thèse, Université de Montpellier. 391 p.

COSTE, E., 1900. — *Nouvelles contributions à la topographie souterraine du Bassin de la Loire*. Imprimerie Nationale, Paris : I-VIII, 260 p., 55 fig, 16 pl.

COTTA, B., 1832. — *Die Dendrolithen in Beziehung auf ihren inneren Bau*. Dresden, Arnold Buch, Leipzig.

COWIE, J.W., 1989. — Global stratigraphic chart. *Episode*, **12** (2) : tabl. h.t.

CRIDLAND, A., 1966. — *Biscalitheca kansana* sp. n. (Coenopteridales, Zygopteridaceae), a compression from the Lawrence Shale (Upper Pennsylvanian), Kansas, U.S.A. *American Journal of Botany*, **53** : 987-994.

CROOKALL, R., 1955-1959. — Fossil plants of the Carboniferous rocks of Great Britain. *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain, Paleontology*, **4** : 1-216, 58 pl.

DALINVAL, A., 1960. — Les Pecopteris du Bassin houiller du Nord de la France. *Atlas de topographie souterraine du Service géologique des Houillères de Bassin du Nord, Pas de Calais, Flore fossile*, **3** : 1-222, pl. 1-61.

DANZE, J., 1956. — *Contribution à l'étude des Sphenopteris. Les Fougères sphénoptéridiennes du Bassin houiller du Nord de la France*. Atlas de topographie souterraine du Service géologique des Houillères de Bassin du Nord, Pas de Calais, Flore fossile, **2** : 1-558, pl. 1-86.

DANZE, J. & LAVEINE, J.-P., 1952. — Étude de quelques sporomorphes du Stéphanien de Grand'Croix. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris.*, **254** : 3735-3736.

DANZE-CORSIN, P., 1953. — Contribution à l'étude des Marioptéridées. Les Mariopteris du Nord de la France. *Atlas de topographie souterraine du Service géologique des Houillères de Bassin du Nord, Pas de Calais, Flore fossile*, **1** : 1-269, pl. 1-78.

DEFRETIN, S., 1944. — Caractères microscopiques des 8e et 13e couches des Mines de la Loire. *Revue de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **489** : 178.

Source : MNHN, Paris

DELEVORYAS, T. & MORGAN, J., 1954a. — A further investigation of the morphology of *Anachoropteris clavata*. *American Journal of Botany*, **41** : 192-198.

DELEVORYAS, T. & MORGAN, J., 1954b. — Observations on petiolar branching and foliage of an American *Botryopteris*. *American Midland Naturalist*, **52** (2) : 374-387.

DESROUSSEAUX, J., 1938. — *Bassins houillers et lignitifères de la France*, Imprimerie Nationale, Paris. 392 p.

DICKEY, B. C. & PHILLIPS, T. L., 1985. — Palynostratigraphy of the Newcastle Coal of North Central Texas, U.S.A. *Pollen et Spores*, **22** (3/4) : 545-553.

DI MICHELE, W.C. & GUPTA, S., 1980. — Arborescent Lycopod reproduction and paleoecology in a coal-swamp environment of late Middle Pennsylvanian age (Herrin Coal, Illinois, U.S.A.). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **44** : 1-26.

DOLLE, P. & VETTER, P., 1971. — Sédimentation gréseuse en talus au toit d'une couche de houille dans le bassin de Saint-Étienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **272** : 1485-1487.

DÖRING, H. & KAMPE, A., 1973. — Zur mikro- und megafloristischen Alterseinstufung der Wettiner Schichten (höchstes Stephan) in der Nördlichen Saalesenke. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **1** (6) : 619-659.

DOUBINGER, J., 1956. — Contribution à l'étude des Flores autuno-stéphaniennes. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **75** : 180 p., 25 pl.

DOUBINGER, J., 1959. — Sur quelques empreintes végétales de l'Autunien de Saône et Loire (*P. subelegans*). *Comptes Rendus du 84e Congrès National des Sociétés Savantes* : 491-502.

DOUBINGER, J., 1961. — Spores de quelques fructifications fossiles du Stéphanien et de l'Autunien. *Pollen et Spores*, **3** (2) : 353-372.

DOUBINGER, J. & ALVAREZ-RAMIS, C., 1980. — Sur la présence de deux biotopes à phytocénoses différentes au sommet de la série stéphaniennne de Saint-Étienne, France. *Comptes Rendus du 105e Congrès National des Sociétés Savantes*, Caen, 1980. **1** : 73-79.

DOUBINGER, J. & ALVAREZ-RAMIS, C., 1984. — Flores de quelques bassins stéphaniens d'Espagne. Corrélations avec les flores du stratotype de Saint-Étienne (France). *Comptes Rendus du 9e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Urbana, U.S.A. 1979, **2** : 515-522.

DOUBINGER, J. & BOUROZ, A., 1984.- Stéphanien-Autunien, Gzhélien-Assélien : Zonations palynonogiques et corrélations stratigraphiques. *Comptes Rendus du 9ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Urbana, U.S.A. : 599-612.

DOUBINGER, J., BRANCHET, M. & LANGIAUX, J., 1979. — Présence de *Callipteris flabellifera* Weiss dans le Stéphanien de Blanzy-Montceau (Massif Central, France). *Revue périodique « La Physiophile »* Montceau-les-Mines, **91** : 67-72.

DOUBINGER, J. & GERMER, R., 1971. — Die Gattung *Odontopteris* im Saarkarbon. *Palaeontographica*, (B) **136** : 132-134.

DOUBINGER, J. & GRAUVOGEL-STAMM, L., 1971. — Présence du genre *Thymospora* chez *Pecopteris hemitelioides* du Mont Pelé (Stéphanien moyen du bassin d'Autun). *Bulletin de la Société d' Histoire Naturelle d'Autun*, **94** : 15-22, 4 pl.

DOUBINGER, J. & GRAUVOGEL-STAMM, L., 1975. — Deux fougères fertiles du Stéphanien du Massif Central (France). *Geobios*, **8** (6) : 409-421.

DOUBINGER, J., JACOB, A. & VETTER, P., 1976. — Sur la présence de végétaux fosssiles du genre *Callipteris* Brong. dans le terrain houiller de la Loire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **282** : 2151-2153.

DOUBINGER, J. & RÉMY, W., 1958. — Bemerkungen über *Odontopteris subcrenulata* Rost und *Odontopteris lingulata* Goeppert. *Abhandlungen der Deutsche Akademie der Wissenschaften in Berlin, Klasse Chemie, Geologie-Biologie*, **5** : 7-14.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1954a. — Sur les *Sphenophyllum* du Stéphanien. Contribution à la révision du genre *Sphenophyllum*. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **74** : 106-121.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1954b. — Sur quelques Odontoptéridées du Stéphanien. *Comptes Rendus du 8e Congrès International de Botanique*, Paris : 144-145.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1959. — Description d'une nouvelle espèce d'*Odontopteris* : *O. bourranensis*. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **7** (1) : 161-174.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1959. — Contribution à l'étude du genre *Taeniopteris* Brongniart. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **7** (1) : 932-938.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1969. — Observations et réflexions sur les zones paléobotaniques des bassins de Carmaux et de Decazeville. *Comptes Rendus du 6e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Sheffielfd, 1967, **1** : 171-182.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1985a. — Le Stéphanien en France. *Comptes Rendus du 10e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Madrid, 1983, **1** : 45-54.

DOUBINGER, J. & VETTER, P., 1985b. — La flore de l'Assise de Rive-de-Gier (Bassin de Saint-Étienne, France). *Comptes Rendus du 10e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Madrid, 1983, **2** : 161-167.

DOUBINGER, J., VETTER, P., BECQ-GIRAUDON J.F., MERCIER D., JACQUEMIN H., BROUTIN, J., GALTIER, J., LANGIAUX, J. & WANG, Z., 1992. — Le bassin houiller de Saint-Étienne : nouvelles approches géologiques et paléobotaniques. IVe Conférence Internationale de Paléobotanique, résumés, *OFP informations* n° spécial **16**-B : 52.

DRINNAN, A.N., SCHRAMKE, J.M. & CRANE, P.R., 1990. — *Stephanospermum konopeonus* (Langford) comb. nov. : A medullosan ovule from the Middle Pennsylvanian Mazon Creek flora of Northeastern Illinois. *Botanical Gazette*, **151** : 385- 401.

Source : MNHN, Paris

EGGERT, D.A. & TAYLOR, T.N., 1966. — Studies of Paleozoic fern. On the genus *Tedelea* gen. nov. *Palaeontographica*, B, **118** : 52-73.

EMBERGER, L., 1968. — *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants*. Masson, Paris. 758 p.

ENDLICHER, S., 1847. — *Synopsis Ciniferarum*. Scheitlin et Zollikofer, Sangalli : 1-368.

ENGLER-PRANTL, 1902. — *Natürl-Pflanzenfamilien*, 1, 4 (*Callipteris* : 497).

ETTINGSHAUSEN, C. VON, 1854. — Die Steinkohlenflora von Radnitz in Böhmen. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlich geologische Reichanstalt*, Wien, **2** (3) : 30-31.

FAYOL, H., 1887. — *Études sur le terrain houiller de Commentry. 1. Lithologie et stratigraphie*. Théolier, Saint-Étienne : 660 p.

FISCHER, F.F., 1905. — *Lepidodendron, Bergeria, Aspidiopsis, Lyginodendron*. *In* Potonié H., *Abbildungen und Beschreibungen fossilien Pflanzenreste*, **3** : 41-51.

FLORIN, R., 1938-1945. — Die Koniferen des Oberkarbons und unteren Perms, I-VIII, *Palaeontographica* **85** : 1-729. I (1938) : 2-63 ; II (1939a) : 64-123 ; III (1939b) : 124-175 ; IV (1939c) : 176-243 ; V (1940) : 244-365 ; VI (1944a) : 366-468 ; VII (1944b) : 459-654 ; VIII (1945) : 655-729.

FONTAINE, W.N. & WHITE, I.C., 1880. — The Permian and Upper Carboniferous flora of West Virginia and SW Pennsylvania. *Second Geological Survey of Pennsylvania Report of Progress*, Harrisburg : 1-143, 38 pl.

FOSTER, C.B., 1975. — Permian plant microfossils from the Blair Athol Coal Measures, Central Queensland, Australia. *Palaeontographica* B, **154** (5-6) : 121-171.

FOSTER, C.B., 1979. — Permian plant microfossils of the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures and basal Rewan Formation of Queensland. *Geological Survey of Queensland, Palaeontological*, Paper **45**, Publication 372.

FOURNET DE TOSECQ, P. & DOUBINGER, J., 1965. — Inventaire des mégaspores de la couche Marmottan. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **7** : 600-607.

FRANKE, F., 1912-1913. — Beiträge zur Kenntniss der paläozoischen Arten von *Alethopteris* und *Callipteridium*. *In* : Potonié, H., *Abbildungen und Beschreibungen der fossiler Pflanzenreste*, **8** (1912) : 158-160, **9** (1913) : 161-180.

GALTIER, J., 1971. — La fructification de *Botryopteris forensis* Renault (Cœnoptéridales du Stéphanien français) : précisions sur les sporanges et les spores. *Naturalia monspeliensa*, (s. 8), Montpellier, **22** : 145-155.

GALTIER, J., 1978. — Précisions sur « *Zygopteris lacattei* » et « *Botryopteris dubius* ». Fougères très rares de l'Autunien d'Autun. *Bulletin de la Société d' Histoire Naturelle d'Autun*, **88** : 17-25.

GALTIER, J., 1986. — Taxonomic problems due to preservation : comparing compression and permineralized taxa. *In* : R.A. Spicer & B.A. Thomas (eds.), *Systematic and Taxonomic Approaches in Palaeobotany*. Systematics Association, Oxford. **31** (Special Volume) : 1- 16.

GALTIER, J. & GRAMBAST, L, 1972. — Observations nouvelles sur les structures reproductrices attribuées à *Zygopteris lacattei* (Cœnoptéridales de l'Autuno-stéphanien français). *Review of Palaebotany and Palynology*, **1** : 101-111.

GALTIER, J. & HOLMES, J., 1984. — Sur les fougères *Anachoropteris* et *Tubicaulis* du Stéphanien français. Description de *Tubicaulis grandeuryi* nov. sp. *Geobios*, **17** : 757-770, fig. 1-5.

GALTIER, J. & PHILLIPS, T.L., 1985. — Swamp vegetation from Grand'Croix (Stephanian) and Autun (Autunian), France, and comparisons with Coall-Ball Peats of the Illinois Basin. *Comptes Rendus du 9e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Urbana, U.S.A., **5** : 13-24.

GALTIER, J. & PHILLIPS T.L. 1977. — Morphology and evolution of *Botryopteris*, a carboniferous age fern. Part 2. Observations on Stephanian species from Grand'Croix, France. *Palaeontographica*, (B), **164** : 1-32, pl. 1-15.

GALTIER, J. & SCOTT, A. C., 1981. — Sur la présence de végétaux à structure conservée du Viséen dans le poudingue mosaïque du Stéphanien du bassin de Saint-Étienne (France). *Geobios*, **14** : 529-531.

GAVOILLE, B. & SOPENA, J.-P., 1970. — Étude de quelques formations détritiques de la série des couches de Saint-Étienne (3e à 7e Gruner). *Diplome d'Études Supérieures de Sciences Naturelles, Université de Besançon*. 50p.

GEINITZ, H.B., 1855. — *Die Versteinerungen der Steinkohlenformation in Sachsen*. 61 p., 36 pl.

GERMAR, E., 1844-1851. — *Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejün in Saalkreise*, **1-8** : 1-116, 40 pl.

GERMAR, E.F., 1844-1853. — *Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejun im Saalkreise*. Halle.

GERMAR, E. & KAULFUSS, F., 1831. — Über einige merkwürdige Pflanzenabdrücke aus der Steinkohlenformation. *Nova Acta Academia Caesare Leopoldino-Carolinae Naturae curiosorum*, **15** (2) : 219-230.

GIEBEL, 1857. — *Lonchopteris germari. Zeitschrift gesammte Naturwissenchaften*, **10** : 301.

GOEPPERT, H.R., 1841-1848. — *Die Gattungen der fossilien Pflanzen*. Hefts 1-6.

GOEPPERT, H.R., 1848a. — *In* : Berger, *De Fructibus et Seminibus ex Formatione Lithantracum Vratislaviae* : 1-30.

GOEPPERT, H.R., 1848b. — *In* : Bronn, *Index Paleontologicus oder Uebersicht der bis jezt bekannten fossilien Organismen*. Stuttgart.

GOEPPERT, H.R., 1864. — Die fossile Flora der permischen Formation. *Palaeontographica*, **12** : 224 p., 40 pl.

GOEPPERT, H. R., 1841. — *Die Gattungen der fossilen Pflanzen*. Bonn.

GOLDENBERG, F., 1855-1862. — *Flora Saraepontana fossilis*. **1**, 1855 ; **2**, 1857 ; **3**, 1862.

GOTHAN, W., 1907. — *Callipteris*. *In* : Potonié, H., 1907, *Abbildungen und Beschreibungen der fossilien Pflanzen*, **5**, (84), Berlin.

Source : MNHN, Paris

GOTHAN, W., 1909. — *Neuropteris praedentata. In* : Potonié H., *Abbildungen und Beschreibungen fossilien Pflanzenreste*. **6**, Berlin.

GOTHAN, W., 1913. — Die oberschlesische Steinkohlenflora. 1 : Farne und färnlische Gewächse. *Abhandlungen der Königlich Preussische geologische Landesanstalt*. N.F. **75**.

GOTHAN, W., 1941. — Paläobotanische Mitteilungen. 5. Die Unterteilung des Karbonischen Neuropteriden. *Paläontologische Zeitschrift*, **22** (3/4) : 421-428.

GOTHAN, W. & RÉMY, W., 1957. — *Steinkohlenpflanzen* : 1-248, pl. 1-6. Essen.

GRAND'EURY F.C., 1869a. — Observations sur les *Calamites* et les *Asterophyllites*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **68** : 705-709.

GRAND'EURY F.C., 1869b. — Sur les forêts fossiles du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **68** : 803-805.

GRAND'EURY F.C., 1872. — Sur le *Dictyoxylon* et ses attributions spécifiques (en collaboration avec B. Renault). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **75** : 1197-1198.

GRAND'EURY F.C., 1873. — Gisement de végétaux silicifiés dans le bassin houiller de la Loire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **77** : 494-495.

GRAND'EURY, F. C., 1875. — Recherches sur les végétaux silicifiés des environs d'Autun. Étude du *Sigillaria spinulosa* (en collaboration avec B. Renault). *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, **22**.

GRAND'EURY, F. C., 1877a. — *Flore carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France*. Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de Paris, 1ere partie, Botanique. Imprimerie Nationale, Paris, **24** (1) ; 624 p. Atlas, 34 pl.

GRAND'EURY, F.C., 1877b. — Sur des empreintes végétales trouvées dans l'Esterel (lettre à M. Potier). *Bulletin de la Société Géologique de France*., **1** : 758-759.

GRAND'EURY, F.C., 1881. — Sur l'âge du calcaire carbonifère de l'Oural Central. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **93** : 1093-1094.

GRAND'EURY, F.C., 1882. — Mémoire sur la formation de la houille *Annales des Mines*, **8** (1) : 99-294.

GRAND'EURY, F.C., 1883a. — Communication de M. Grand'Eury sur les sondages qu'il dirige dans le Bas-Dauphiné septentrional. *Bulletin de la Société Géologique de France*., **3** (11) : 366-367.

GRAND'EURY, F.C., 1883b. — Sondage de Rilhac (Bassin de Brassac). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **96** : 1869-1870.

GRAND'EURY, F.C., 1883c. — Sondage de Toussieu (Isère). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **96** : 1870-1871.

GRAND'EURY, F.C., 1884. — Fossiles du terrain houiller, trouvés dans le puits de recherche de Lubière (Bassin de Brassac). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **99** : 1093-1094.

GRAND'EURY, F.C., 1885. — Sondage de Ricard à la Grand'Combe (Gard). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **100** : 1110-1112.

GRAND'EURY, F.C., 1886. — Détermination spécifique des empreintes végétales du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **102** : 391-395.

GRAND'EURY, F.C., 1887a. — Formation des couches de houille et du terrain houiller (Géogénie). *Mémoires de la Société Géologique de France*, **4** (3) : 196 p., 56 fig. , 8 pl.

GRAND'EURY, F.C., 1887b. — Sur un grès d'origine organique, découvert dans les couches de houille du bassin de la Loire (En collaboration avec M. Favarcq). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **104** : 398-400.

GRAND'EURY, F.C., 1889a. — Développement souterrain, semences et affinités des Sigillaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **108** : 879-883.

GRAND'EURY, F.C., 1889b. — Calamariacées. *Arthropitus* et *Calamodendron*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **108** : 1086-1090.

GRAND'EURY, F.C., 1890. — *Géologie et paléontologie du bassin houiller du Gard*. Théolier et Cie, St-Etienne : 356 p., 23 pl.

GRAND'EURY, F.C., 1897a. — Forêt fossile de *Calamites suckowii* Br., *cistii* Br., *schatzlarensis* St., *foliosus* Gr., *Calamocladus parallelinervis* Gr., *Calamostachys vulgaris* Gr. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **124** : 1333-1336.

GRAND'EURY, F.C., 1897b. — Sur les forêts fossiles et sur la formation du bassin houiller de la Loire. *Comptes Rendus du Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, **8** : 278-279.

GRAND'EURY, F.C., 1900a. — Du bassin de la Loire. Sur les tiges debout et souches enracinées, les forêts et sous-sol de végétation fossiles et sur le mode et sur le mécanisme de formation des couches de houille de ce bassin. *Comptes Rendus du 8e Congrès géologique international*, Paris, fasc. 1 : 521-538.

GRAND'EURY, F.C., 1900b. — Bassin houiller de la Loire (excursion sous la conduite de M. C. Grand'Eury). *8e Congrès géologique international*. Paris, 1900. Excursion 11b, « bassins houillers du Centre de la France » : 1-20.

GRAND'EURY, F.C., 1900c. — Sur les Calamariées debout et enracinées du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 871-874.

GRAND'EURY, F.C., 1900d. — Sur les fougères fossiles enracinées du terrrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 988-991.

GRAND'EURY, F.C., 1900e. — Sur les *Stigmaria*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1054-1057.

Source : MNHN, Paris

GRAND'EURY, F.C., 1900f. — Sur les troncs debout, les souches et racines de Sigillaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1105-1108.

GRAND'EURY, F.C., 1900g. — Sur les tiges debout, les souches et racines de Cordaïtes. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1167-1169.

GRAND'EURY, F.C., 1900h. — Sur les forêts fossiles et les sols de végétation du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1366-1369.

GRAND'EURY, F.C., 1900i. — Sur la formation des couches de houille. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1512-1515.

GRAND'EURY, F.C., 1900j. — Sur la formation des couches de stipite, de houille brune et de lignite. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **130** : 1687-1690.

GRAND'EURY, F.C., 1900k. — Sur la formation des bassins carbonifères. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **131** : 166-169.

GRAND'EURY, F.C., 1904a. — Sur les sols de végétation fossiles des Sigillaires et des Syringodendrons. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **138** : 460-463.

GRAND'EURY, F.C., 1904b. — Sur les rhizomes et les racines des Fougères fossiles et des Cycadofilices. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **138** : 607-610.

GRAND'EURY, F.C., 1904c. — Sur le caractère paludéen des plantes qui ont formé les combustibles fossiles de tout âge. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **138** : 666-669.

GRAND'EURY, F.C., 1904d. — Sur les conditions générales et l'unité de formation des combustibles minéraux de tout âge et de toute espèce. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **138** : 740-744.

GRAND'EURY, F.C., 1904e. — Sur les graines des Névroptéridées. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **139** : 23-27.

GRAND'EURY, F.C., 1904f. — Sur les graines des Névroptéridées. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **139** : 782-786.

GRAND'EURY, F.C., 1905a. — Sur les graines trouvées attachées au *Pecopteris Pluckeneti* Schlot. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **141** : 920-923, 2 fig.

GRAND'EURY, F.C., 1905b. — Sur les *Rhabdocarpus*, les graines et l'évolution des Cordaïtées. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **141** : 995-998.

GRAND'EURY, F.C., 1905c. — Sur les graines de *Sphenopteris*, sur l'attribution des *Codonospermum* et sur l'extrême variété des « graines » de fougères. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **141** : 812-815.

GRAND'EURY, F.C., 1906a. — Sur les mutations de quelques plantes fossiles du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **142** : 25-29.

GRAND'EURY, F.C., 1906b. — Sur les graines et inflorescences des *Callipteris* Br. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **143** : 664-666.

GRAND'EURY, F.C., 1906c. — Sur les inflorescences des fougères à graines du Culm et du terrain houiller. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **143** : 761-764.

GRAND'EURY, F.C., 1908. — Sur les organes et le mode de végétation des Névroptéridées et autres Ptéridospermes. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **146** : 1241-1244.

GRAND'EURY, F.C., 1909. — Recherches sur les Ptéridospermes (Fougères à graines du terrain houiller). *Bulletin de la Société Scientifique de Nancy*, (3), **10**, fasc. 4, juin-déc. 1909 : 225-241.

GRAND'EURY, F.C., 1912-1914. — *Recherches géobotaniques sur les forêts fossiles et sur la végétation et la flore houillères* (en deux parties et dix livraisons). Librairie polytechnique Ch. Béranger, Paris, Liège, : 1-116, pl. 1-30. (Trois livraisons publiées).

GRAUVOGEL-STAMM, L. & DOUBINGER, J., 1975. — Deux fougères fertiles du Stéphanien du Massif Central (France). *Geobios*, **8**, 6 : 406-421.

GRUNER, L., 1847. — *Texte explicatif de la nouvelle carte du bassin houiller de la Loire*. Nublat, Saint-Étienne : 30 p.

GRUNER, L., 1866. — Notice sur la classification des couches du bassin houiller de la Loire. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale.*, **1** (1) : 667-690.

GRUNER, L., 1882. — Bassin houiller de la Loire. — 1. Description générale du bassin : 1-236, 23 fig. — 2. Description détaillée des districts houillers : 1-506, 36 fig. *Gîtes Minéraux de la France*. Paris.

GRUNER, L., 1877. — Sur la division des terrains houillers en étages basée sur les plantes fossiles (d'après M. Grand'Eury). *Bulletin de la Société Géologique de France.*, **3** (5) : 214-223.

GUTBIER, A., VON, 1835-1837. — *Abdrücke und Versteinerung des Zwickauer Schwarzkohlengebirger und seiner Umgebungen Zwickau* : 1-80, 11 pl.

GUTBIER, A., VON, 1843. — Die Versteinerungen von Obersachsen der Lausitz. *In* : Geinitz, *Gäa von Sachsen*. Dresden u. Leipzig : 61-99.

GUTBIER, A., VON, 1849. — *Die Versteinerungen des Rothliegenden in Sachsen*. Dresden und Leipzig : 1-34, 12 pl.

GUTBIER, A., VON, 1855. — *In* : Geinitz, H.B. : *Die Vesrteinerungen der Steinkohlenformation in Sachsen* : 1-61, 36 pl.

HALLE, T. G., 1927. — Palaeozoic Plants from Central Shansi. *Palaeontologia Sinica. Geological Survey of China*, Peking. (A) **2** : 1-316, 64 pl.

Source : MNHN, Paris

HALLE, T. G., 1933. — The structure of certain fossil spore-bearing organs beleived to belong to pteridosperms. *Kunglica Svenska Vetenskapsakademien Avhandlingar*, (3) **12** : 1-103, pl. 1-15.

HARMS, V.L. & LEISMAN, G.A., 1961. — The anatomy and morphology of certain Cordaites leaves. *Journal of Paleontology*., **35** : 1041- 1064.

HAUBOLD, H., BARTHEL, M., KATZUNG, G. & SCHNEIDER, J., 1982. — *Die Lebewelt des Rotliegenden*. A. Ziemsen, Lutherstadt, Allemagne : 1-246, 163 fig.

HAVLENA, V., 1970. — Einige Bemerkungen zur Phytogeographie und Geobotanik des Karbons und Perms. *Comptes Rendus 6e Congrès International Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Sheffield, 1967, **3** : 901-912.

HEER, O., 1877. — *Flora fossilis helvetiae* (Die vorweltliche Flora der Schweitz), Zürich : 1-182, pl. 1-70.

HELBY, V.R., 1966. — Sporologische Untersuchungen an der Karbon/Perm Grenze im Pfälzer Bergland. Fortschr. *Forschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen*, Krefeld, **13** (1) : 645-704.

HOCHULI, P.A., 1985. — Palynostratigraphische Gliederung und Korrelation des Permo-Karbon der Nordschweiz. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **73** (3) : 719-831.

HOFFMANN, F., 1826. — *In* : Keferstein C. Über die Pflanzenreste des Kohlengebirges von Ibbenbühren und vom Piesberge bei Osnabrück. *Deutschland geognostisch-geologisch dargestellt*. **4** : 150-160.

HOFFMANN, N., KAMPE, H.J. & SCHNEIDER, J., 1989. — Neuer Kenntnisse zur Biostratigraphie und Paläodynamik des Perms in der Nordestdeutschen Senke. Ein Diskussionsbeitrag. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, Berlin, 35/7 : 198-207.

HOLMES, J., 1979, — Foliar borne stems in *Anachoropteris gillotii* from the lower Westphalian of Belgium. *Canadian Journal of Botany*, **57** : 1518-1527.

HOLMES, J., 1981. — *Structure et évolution des fougères cænoptéridales (Anachoropteridaceae et Botryopteridaceae) du Carbonifère supérieur d'Europe. Contribution à l'histoire de la ramification des végétaux supérieurs*. Thèse Université de Montpellier : 247 p., 38 pl.

HOSKINS, J.H., 1930. — Contribution to the coal measures flora of the Illinois. *American Midland Naturalist*, **12** : 154- 163.

HOSKINS, J.H. & CROSS, A.T., 1943. — Monograph of the Palaeozoic Cone Genus *Bowmanites* (Sphenophyllales). *American Midland Naturalist*, **30** (1) : 113-163.

HOSKINS, J.H. & CROSS, A.T., 1946. — Studies in the Trigonocarpales. Part II. Taxonomic Problems and a Revision of the Genus *Pachytesta*. *American Midland Naturalist*, **36** : 331- 361.

HOUILLERES DU BASSIN DE LA LOIRE (eds.), 1953. — *Atlas, 32 pl., Carte Géologique, coupes géologiques, plan des travaux miniers*. Institut Géographique National, Paris.

IGNATIEV, I.A., & MEYEN, S.V., 1988. — *Suchoviella* — Gen. Nov. from the Permian of Angaraland and a Review of the systematics of Cordaitanthales. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **57** : 313-339.

INOSSOVA, K.I., KRUSINA, A.K. & SCHWARTZMAN, E.G., 1976. — *Atlas des Microspores et des pollens du Carbonifère et du Permien du Bassin du Donetz*. Artemgeologia, Nedra, Moscou : 154 p., 15 pl. (en Russe).

JONGMANS, W.J., 1909. — The flora of the Dutch Carboniferous. *Mededelingen Ryjks Opsporing van Delfstoffen*. **2** : 162-247.

JONGMANS, W.J., 1911. — Anleitung zur Bestimmung der Karbonpflanzen West-Europas. Bd. A Thallophytae, Equisetales, Sphenophyllales. *Mededelingen Rijks Opsporing van Delfstoffen* **3 :** 302.

JONGMANS, W.J. (ed.), 1913-1975. — Fossilium Catalogus, II : *Plantae*, pars 1-87.

JONGMANS, W.J., 1928. — Congrès pour l'étude de la stratigraphie du Carbonifère dans les différents centres houillers de l'Europe. *Comptes Rendus du 1er Congrès pour l'avancement des études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen 1927 : 3-48.

JONGMANS, W.J., 1952. — Some problems on Carboniferous stratigraphy. *Comptes Rendus du 3e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Heerlen 1951 : 295-306.

JONGMANS, W.J., 1960. — Die Karbonflora der Schweiz. *Beiträge zur geologische Karte der Schweiz (N.F.)*, **108** : 1-97, 1-5, pl. 1-9.

JONGMANS, W.J. & GOTHAN, W., 1937. — Betrachtungen über die Ergebnisse des zweiten Kongresses für Karbonstratigraphie. *Comptes Rendus du 2e Congrès pour l'avancement des études de Stratigraphie du Carbonifère*, Heerlen 1935, **1** : 1-40.

JOVET-AST, S, 1967. — *Bryophyta*. *In* : E. Boureau (ed.), *Traité de Paléobotanique*, **2**, Masson, Paris : 17-190.

JUSSIEU, A. DE, 1718. — Examen des causes des impressions des plantes marquées sur certaines pierres des environs de Saint-Chaumont dans le Lyonnois. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* : 287-298.

KERP, J.H.F., 1982. — Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. II. On the presence of the ovuliferous organ *Autunia milleryensis* (Renault) Krasser (Peltaspermaceae) in the lower Permian of the Nahe area (F.R.G.) and the relationship with *Callipteris conferta* (Sternberg) Brongniart. *Acta Botanica Neerlandica*, **31** : 417-427.

KERP, J.H.F., 1984. — Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. V. On the nature of *Asterophyllites dumasii* Zeiller, its correlation with *Calamites gigas* Brongniart and the problem concerning its sterile foliage. *Review of Palaeobotanty and Palynology*, **41** : 301-317.

KERP, J.H.F., 1988a. — Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. X. The West- and Central European species of the genus *Autunia* Krasser emend. Kerp (*Peltaspermaceae*) and the form-genus *Rhachiphyllum* Kerp (Callipterid foliage). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **64** : 299-360.

KERP, J.H.F., 1988b. — Toward a reclassification of the West- and Central European species of the form-genus *Callipteris* Brongniart 1849. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* **16** (9) : 865-876.

Source : MNHN, Paris

KERP, J.H.F. & CLEMENT-WESTERHOF, J.A., 1991.- Aspect of Permian palaeobotany and palynology XII. The form-genus *Walchiostrobus* Florin reconsidered. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen*, **183** (1/3) : 257-268.

KERP, J.H.F. & HAUBOLD, H., 1988a. — Aspect of Permian Paleobotany and Palynology, VIII. On the reclassification of the Western and Central European species of the form genus *Callipteris* Brongniart 1849. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **54** : 135-150.

KERP, J.H.F. & HAUBOLD, H., 1988b. — Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. X. The Western and Central European species of the genus *Autunia* Krasser emend. Kerp (*Peltaspermaceae*) and the form-genus *Rhachiphyllum* Kerp (Callipterid foliage). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **54** : 299-360.

KIDSTON, R., 1886. — Catalogue of the Palaeozoic plants in the Department of Geology and Palaeontology. *British Museum of Natural History*, London : 1-288.

KIDSTON, R., 1890. — The Yorkshire Carboniferous flora. *Transactions of the Yorkshire Natural Union*. **14** : 1-64.

KNIGHT, J., 1983. — The stratigraphy of the Stephanian rocks of the Sabero Coalfield, Leon (NW. Spain) and an investigation of the fossil flora. Part 2. Systematic palaeobotany : introduction ; Pteridospermae. *Palaeontographica*. (B) **187** : 155-248, fig. 1-6, pl. 1-17.

KNIGHT, J., 1985. — The stratigraphy of the Stephanian rocks of the Sabero Coalfield, Leon (NW. Spain) and an investigation of the fossil flora. Part 3. Systematic palaeobotany : Pecopterids. *Palaeontographica*. (B) **197** : 1-80, fig. 1-8, pl. 1-17.

KOENIG, C., 1825. — *Icones fossilium sectiles*. London, 4 p., 19 pl.

KOZUR, H., 1978. — Bemerkungen zum Vorkommen der Gattung *Callipteris* Brong. im Karbon. *Verhandlungen der geologische Bundesanstalt*, Wien, **2** : 11-22.

KOZUR, H., 1980. — Beiträge zur Stratigraphie des Perms, Teil III (2) : Zur Korrelation der überwiegend Kontinentalen Ablagerungen des obersten Karbons und Perms von Mittel und West-Europa. *Freiberger Forschungsheft*, (C) **348** : 69-172.

LAMOTTE, M., 1963. — *Contribution à l'étude palynologique du Houiller de Saint-Etienne*. Thèse Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

LANDESKROENER, 1906. — *Ovopteris pecopteroides*. *In* : H. Potonié, *Abbildungen und Bescheibungen foss. Pflanzreste*, **4**, Berlin.

LANGIAUX, J., 1982. — Frondes sphénoptéridiennes dans le Stéphanien terminal de Blanzy-Montceau (Massif Central, France). *Revue périodique de « La Physiophile », Montceau-les-Mines*. **97** : 81-100.

LANGIAUX, J., 1984. — Flores et Faunes des formations supérieures du Stéphanien de Blanzy-Montceau (Massif Central français) Stratigraphie et Paléoécologie. *Revue périodique de « La Physiophile »*, Montceau-les-Mines, (supplément) **100** : 270 p., 347 fig. 7 pl.

LANGIAUX, J., 1986. — Découverte d'un spécimen exceptionnel de fructification femelle de *Dicksonites sterzeli* Zeiller 1888 dans le Stéphanien du Massif Central français. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. **302**, 2, 11 : 755-760.

LANGIAUX, J., 1987. — Les ensembles floristiques du gisement Stéphanien de Blanzy-Montceau. *Revue périodique de « La Physiophile »*, Montceau-les-Mines, **106** : 83-103.

LAVEINE, J.-P., 1966a. — Remarques sur quelques frondes ptéridospermophytiques paléozoïques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **262** : 1625-1628.

LAVEINE, J.-P., 1966b. — A propos de la classification des Neuroptéridées. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **262** : 1680-1683.

LAVEINE, J.-P., 1967. — Les Neuroptéridées du Nord de la France. *Études géolologiques pour l'Atlas de topographie souterraine, Houillères des Bassins du Nord Pas de Calais*, **1** (5) : 1-344, atlas, 64 pl.

LAVEINE, J.-P., 1969a. — Quelques Pécoptéridées houillères à la lumière de la Palynologie (1). *Pollen et spores*, **11** (3) : 619-668, 19 pl.

LAVEINE, J.-P., 1969b. — Quelques Pécoptéridées houillères à la lumière de la Palynologie (2). Implications paléobotaniques et stratigraphiques. *Pollen et spores*, **12** (2) : 235-298, 21 pl.

LAVEINE, J.-P., 1970. — Quelques Pécoptéridinées houillères à la lumière de la Palynologie (2). Implications paléobotaniques et stratigraphiques. *Pollen et spores*. **12** (2) : 235-297.

LEARY, R.L., 1990. — Possible Early Pennsylvanian Ancestor of the Cycadales. *Science*, **249** : 1152-1154.

LECLERC DE BUFFON., G.L. — 1830, *Histoire Naturelle des Minéraux*,.**10**, *du charbon de terre*, 111 p., Lecointe, Paris.

LEDRAN, C., 1966. — *Contribution à l'étude des feuilles de Cordaïtales*. Thèse Faculté des Sciences de l'Université de Reims : 155 p., 21 pl.

LEMOIGNE, Y., 1961a. — Sur la structure des Sigillaires. *Bulletin de la Société Géolologique de France* **7** (2) 5 : 657-660.

LEMOIGNE, Y., 1961b. — Étude analytique et comparée des structures internes des Sigillaires. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **12** : 473-578.

LEMOIGNE, Y., 1966. — Sur un *Dadoxylon* de la région de Saint-Étienne (Loire). *Annales de la Société Géologique du Nord.*, **85** : 369-371.

LEMOIGNE, Y., & DOUBINGER, J., 1984. — Sur la coexistence des flores hygrophile, mésophile et mésoxérophile durant le Paléozoïque supérieur en Euramérie. *Geobios*, **17** (3) : 365-369.

LEPEKHINA, V. G., 1972. — Woods of paleozoic pycnoxylic gymnosperms with special reference to north Eurasia representatives. *Palaeontographica*, (B) **138** : 44- 106.

Source : MNHN, Paris

LESEURE, 1858-1859. — Étude sur le prolongement du bassin houiller de Rive-de-Gier dans le département du Rhône. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **1** (4) : 361-383.

LESEURE, 1859-1860. — Étude sur le terrain houiller de Rive-de-Gier. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, **1** (5) : 477-493.

LESEURE, 1860-1861. — Étude sur les terrains houillers de la concession de Saint-Chamond. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, **1** (6) : 667-677.

LESEURE, & MALLARD, 1872. — Sur le gore blanc. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, **2**, 1 : 517-523.

LESNIKOWSKA, A. & GALTIER, J., 1991. — A reconsideration of four genera of permineralized Marattiales from the Stephanien and Autunian of France. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **67** : 141-152.

LESNIKOWSKA, A. & GALTIER, J., 1992. — Permineralized Marattiales from the Stephanian and Autunian of central France : a reinvestigation of *Grandeuryella renaultii* (Stur) Weiss emend. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **72** : 299-315.

LESQUEREUX, L., 1858. — *In* : Rogers *The Geology of Pennsylvania*. 2. Fossil Plants of the Coal strata of Pennsylvania. Philadelphia. **2** : 837-884.

LESQUEREUX, L., 1870. — Report on the fossil plants of Illinois. *In* : A.H. Worthen. *Geological Survey of Illinois, 4. Geology and Paleontology*, **2** (2) : 377-508, pl. 5-31.

LESQUEREUX, L., 1879-1884. — Description of the coal flora of the carboniferous formation in Pennsylvania and throughout the United States. *Second Geological Survey of Pennsylvania : Report of Progress*, Harrisburg. 977 p., 111 pl.

LIABEUF, J.-J., & ALPERN, B., 1969. — Étude palynologique du Bassin houiller de Saint-Étienne. Stratotype du Stéphanien. *Comptes Rendus 6e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Sheffield 1967, **1** : 155-169.

LIABEUF, J.-J., DOUBINGER, J. & ALPERN, B., 1967. — Caractères palynologiques des charbons du Stéphanien de quelques gisements français. *Revue de Micropaléontologie*, Paris, **10** (1) : 2-14.

LIGNIER, O., 1913. — Différenciation des tissus dans le bourgeon végétatif du *Cordaites lingulatus* Renault. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, Paris, 9e s., **17** : 233-254.

LIGNIER, O., 1906. — *Radiculites reticulatus*, radicelle fossile de Séquoïnée. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 4e s., **6** (53) : 193-201.

LIGNIER, O., 1915. — Étude de pinnules fertiles (? *Pecopteris intermedia* B. Ren.) du type *Scolecopteris* Zenk. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **62** : 23-42.

LIGNIER, O., 1911. — Les « *Radiculites reticulatus* Lignier » sont probablement des radicelles de Cordaïtales. *Association Française pour l'avancement des Sciences*, **40** : 509-513.

LIGOUIS, B. & DOUBINGER, J., 1991. — Petrology, palynology and depositional environments of the « Grande Couche de Bourran » from the Stephanian basin of Decazeville, France. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **162** (2) : 307-323.

LINDLEY, J. & HUTTON, W., 1831-1837. — *The fossil flora of Great Britain*. **1** : 1-218, pl.1-79 ; **2** : 1-206, pl. 80-156 ; **3** : 1-192, pl. 157-230.

LOUBIÈRE, A., 1929. — Étude anatomique et comparée du *Leptotesta grand'euryi* n. gen. n. sp. (graine silicifiée du *Pecopteris pluckeneti* Schlotheim). *Revue Générale de Botanique*, **41** (490) : 1-13, pl. 12.

LOUBIÈRE, A., 1931. — Anatomie comparée d'un nouveau genre de Radiospermées. *Revue Générale de Botanique*, **43** (511) : 1-12.

LOUBIÈRE, A., 1933. — Sur la structure d'une nouvelle Coléospermée : le genre *Sphaerospermum* Brgt. (graine probable d'un « *Callipteridium* »). *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, (10) **15** : 17-21.

LYS M., 1988. — Biostratigraphie du Carbonifère et du Permien en Mésogée (Espagne, Afrique du Nord, régions égéennes, Proche Orient). Études micropaléontologiques (Foraminifères). Paléobiogéographie. *Documents du B.R.G.M.*, **147** : 1-292.

MAHR, 1868. — Über *Sphenophyllum Thonii*, eine neue Art aus dem Steinkohlengebirge von Illmenau. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, **20** : 433, pl. 8.

MAISTRE, J. DE, 1944. — Sur la classification des couches dans la région Sud-Ouest du Bassin de St.-Étienne. *Revue de l'Industrie Minérale*, **485** : 163.

MAISTRE, J. DE, 1949. — Remarques sur la stratigraphie du Stéphanien. *Mémoires de la Revue de la Société de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne : 271-288.

MAISTRE, J. DE, 1951. — Remarques sur le Houiller du Bassin de la Loire ; *Comptes Rendus du 3e Congrès de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Heerlen. **2** : 435-444.

MAISTRE, J. DE, 1960. — Une plante-guide du Stéphanien du basssin de Saint-Étienne : *Odontopteris pseudoschlotheimi* nov. sp. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **7** (2) : 673-676, pl. 18.

MAISTRE, J. DE, 1963. — Description géologique du Bassin houiller de la Loire. *Revue de la Société de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **45** : 541-600.

MAISTRE, J. DE, 1964. — Caractères paléontologiques des subdivisions du Stéphanien dans le gisement type de St-Étienne. *Comptes Rendus du 5e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Paris, **2** : 569-580.

MAISTRE, J. DE, 1970. — Variations latérales de la flore du Carbonifère et les problèmes qu'elles posent pour le choix des stratotypes et la définition de leurs limites. *Comptes Rendus du 6e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Sheffield 1967, III : 1113-1120.

Source : MNHN, Paris

MALAVIEILLE J., GUIHOT P., COSTA S., LARDEAUX J.M. & GARDIEN V., 1990. — Collapse of the thickened variscan crust in the french Massif Central : Mont Pilat extensional shear zone and St-Etienne Late Carboniferous basin. *Tectonophysics*, **177** : 139-149.

MAMAY, S.H., 1957. — *Biscalitheca*, a new genus of Pennsylvanian coenopterids, based on its fructification. *American Journal of Botany*, **44** : 229- 239.

MARGUERIER, J., 1972. — Révision du genre *Calamodendron* Brongniart 1849 d'après l'étude de la structure de *Calamodendron punctatum* (Renault) 1886. *Comptes Rendus du 93e Congrès National des Sociétés Savantes*, Tours, 1968, Sci., **3** : 39-66.

MARTINEZ-GARCIA, E. & WAGNER, R.H., 1982. — Una cuenca marina del Estefaniense superior en el Noroeste de España. *Trabajos de Geologia, Universidad de Oviedo* : 119-124.

MAUSSIER, 1872a. — Essai de classification définitive des couches du Sud-Ouest du bassin houiller de la Loire. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **2** (1) : 87-95.

MAUSSIER, 1872b. — Études géologiques sur le prolongement dans le bassin de la Loire des assises houillères de Saint-Priest (Saint-Étienne) et du gore blanc de Grand'Croix (Rive-de-Gier). *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, Saint-Étienne, **2** (1) : 623-635.

MEUGY, A., 1845. — Notice géologique sur le bassin houiller de Rive-de-Gier. *Annales des Mines*, Paris, **4** (7) : 67-84.

MEUGY, A., 1847. — Historique des Mines de Rive-de-Gier. *Annales des Mines*, Paris, **4** (12) : 143-194 et 395-568.

MEYEN, S.V., 1987. — *Fundamentals of Palaeobotany*. Chapman et Hall, Ed. London. 432 p., 99 fig.

MICKLE, J.E., 1980. — *Ankyropteris* from the Pennsylvanian of Eastern Kentucky. *Botanical Gazette*, **141** : 230-243.

MILLAY, M.A. & TAYLOR, T.N., 1974. — Morphological studies of Paleozoic saccate pollen. *Palaeontographica*. (B) **147** : 75-99.

MILLAY, M.A. & GALTIER, J., 1990. — Studies of Paleozoic Marattialean Ferns : *Scolecopteris globiforma* n. sp., from the Stephanian of France. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **63** : 163-171.

MORAND LE MEDECIN, 1781. — Sur les montagnes ou mines de charbon embrasées spontanément. Premier Mémoire. Notice historique et comparative des mines de charbon embrasées spontanément sur toute la superficie du globe, suivie d'une description détaillée de celles du Rouergue. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, Paris. Imprimerie Royale : 169-227.

MORGAN, J. & DELEVORYAS, I., 1952a. — An anatomical study of *Stipitopteris*. *American Journal of Botany*, **39** (7) : 474-478.

MORGAN, J. & DELEVORYAS, I., 1952b. — *Stewartiopteris singularis*. A new psaroniaceous fern rachis. *American Journal of Botany*., **39** (7) : 479-484.

MOSBRUGGER, V., 1983. — Organische Zuzammengehörighkeit zweier Fossil-Taxa als taxonomische Problem am Beispiel der jungpaläozoischen Fernfruktifikationen *Scolecopteris* und *Acitheca*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **40** : 191-206.

MOSBRUGGER, V., 1986. — Zur Klassifikation der Pecopteriden : ein vergleich traditioneller Gliederungen mit den Ergebnissen einer Clusteranalyse. *Palaeontographica*, (B) **198** : 78-99.

MOSBRUGGER, V. & VOGELLEHNER, D., 1986. — Systematisch-taxonomische und phylogenetische Untersuchung der Pecopteriden-taphoflora des Stefans an der Hohengeroldseck bei Lahr (Mittlere Schwarzwald). *Palaeontographica*, (B) **199** : 91-192, fig. 1-35, pl. 1-10

MUNIER-CHALMAS, E. & LAPPARENT, A. DE, 1893. — Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **3** (21) : 438-492.

NEMEJC, F., 1937. — The *Sphenopteris* states in the Permo-Carboniferous of Central Bohemia. *Vestnik Kralovske Ceske Spolecnosti Nauk*. Praha. **1** (2).

ODIN, G.S., & ODIN, C., 1990. — Echelle numérique des temps géologiques, mise à jour 1990. *Géochronique*, **35** : 12-21.

OGURA, Y., 1948. — A new example of sead-bearing Pteridosperms from Manchuria. *Proceedings of the Japan Academy*, **24** (10) : 1-4, fig. 1-4.

OLIVER, F.W., 19O2. — On a vascular sporangium from the Stephanian of Grand'Croix. *New Phytologist*, **1** : 60-66.

OLIVER, F.W., 1904a. — On the structure and affinities of *Stephanospermum*, Brongniart, a genus of fossil gymnosperme seeds. *Transactions of the Linnean Society of London*, (B), **2**, 6(8) : 361-400.

OLIVER, F.W., 1904b. — Notes on *Trigonocarpus*, Brongn. and *Polylophospermum*, Brong., two genera of Palaeozoic seeds. *New Phytolologist*, **3** (4) : 96-104., pl. 2.

OLIVER, F.W. & SALISBURY, E.J., 1911. — On the structure and affinities of the Palaeozoic seeds of the *Conostoma* group. *Annals of Botany*, **25** : 1 — 50.

PAPROTH, E., 1987. — L'Europe de la fin du Westphalien à l'Autunien. *In* : « Le Paléozoïque supérieur continental ». *Annales de la Société Géologique du Nord* (1986), **56** (2) : 77-85.

PFEFFERKORN, H.W. & THOMSON, M.C., 1982. — Changes in dominance patterns in Upper Carboniferous plant-fossil assemblages. *Geology*, **10** : 641-644.

PHILLIPS, T.L., 1959. — A new Sphenophyllalean Shoot system from the Pennsylvanian. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **46** : 1-17.

PHILLIPS, T.L., 1974. — Evolution of vegetative morphology in coenopterid ferns. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **61** : 427-461.

PHILLIPS, T.L., 1981. — Stratigraphic occurrences and vegetational patterns of Pennsylvanian Pteridosperms in Euramerican coal swamps. *Review of Palaeobotany and Palynololy*, **32** : 5-26.

Source : MNHN, Paris

PHILLIPS, T.L. & PEPPERS, R.A., 1984. — Changing patterns of Pennsylvanian coal swamp vegetation and implications of climatic control of coal occurrence. *International Journal of Coal Geology*, **3** : 205-255.

PHILLIPS, T.L., PEPPERS, R.A., AVCIN, M.J. & LAUGHNAN, P.F., 1974. — Fossil Plants and Coal : Patterns of Change in Pennsylvanien Coal Swamps vegetation of the Illinois Basin. *Science*, **187** (4144) : 1367-1369.

PI-RADONDY, M., 1968. — *Étude palynologique des séries de Carmaux (Tarn)*. Thèse, Université de Strasbourg. 182 p., 24 pl.

PIGG, K.B. & ROTHWELL, G.W., 1983. — *Chaloneria* gen. nov., heterosporous lycophytes from the Pennsylvanian of North America. *Botanical Gazette*, **144** : 132-147.

PLAYFORD, G., 1971. — Lower Carboniferous spores from the Bonaparte Gulf Basin, Western Australia and Northern Territory. *Bulletin of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics of Australia*, **115** : 1-104.

POTONIÉ, H., 1893. — Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Abhandlungen der Königlich Preussischen geologische Landesanstalt*, N.F., **9** : 1-298, 34 pl.

POTONIÉ, H., 1903. — *Odontopteris minor* Brongniart. *Abbildungen und Beschreibungen fossilien Pflanzen*, 1/13 : 1-6.

POTONIÉ, H., 1904. — *Odontopteris reichiana* Gutbier. *Abbildungen und Beschreibungen fossilien Pflanzen*, 2/24 : 1-4.

POTONIÉ, H., 1904. — *Linopteris neuropteroides* (Gutbier) Potonié. *Abbildungen und Beschreibungen fossilien Pflanzen*, 2/28 : 1-3.

POTONIÉ, H., 1903-1913. — Abbildungen und Beschreibungen fossiler Pflanzen-Reste der palaeozoischen und mesozoischen Formationen. *Königlisch Preussische geologische Landesandstalt und Bergakademie* L.1, n° 1-20 ; L. 2, n° 21-40 ; L3, n° 41-60 ; L4, n° 61-80 ; L5, n° 81-100 ; L6, n° 101-120 ; L7, n° 121-140 ; L8, n° 141-160 ; L9, n° 161-180.

POTONIÉ, R. & KREMP, G., 1954. — Die Gattungen der paläozoischen Sporge dispersae und ihre Stratigraphie. *Geologische Jahrbuch*, **69** : 111-194, pl. 1-17.

PRESL, K., 1838. — Beiträge zur Kunde Vorwelt Pflanzen. *Verhandlungen der Gesellschaft Vaterland Museum in Böhmen*, Praha.

PROST, A.E. & BECQ-GIRAUDON, J.F., 1989. — Evidence for Mid-Permian compressive tectonics in Western Europe supported by a comparison with the Alleghanian geodynamic evolution. *Tectonophysics*, **169** : 333-340.

PRUVOST, P., 1947a. — Le Stéphanien du Bassin houiller de la Loire. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **67** : 279-295.

PRUVOST, P., 1947b. — La série stéphanienne du Bassin houiller de la Loire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **225** : 1236-1238.

PRUVOST, P., 1947c. — Art des Mines et Géologie : bilan d'une collaboration centenaire. *Association des Ingénieurs, Ecole de Liège, Congrès 1947*, s. Géologie : 401-418.

PRUVOST, P., 1949. — Le terrain houiller de St. Étienne. *Annales de la Société Géologique du Nord*. **27** : 279-296.

PRUVOST, P., 1957. — *Lexique stratigraphique international*. **1**. Europe, fasc. 4a, 2 : 193-194.

PRUVOST, P. & CORSIN, P., 1949. — Westphalien supérieur et Stéphanien inférieur. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **229** : 1284-1286.

PRUVOST, P. & JONGMANS, W.J., 1950. — Les subdivisions du Carbonifère continental. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **5** (20) : 335-344.

PRUVOST, P., WATERLOT, G. & BONTE, A., 1950. — La brêche de la Fouillouse (Stéphanien inférieur à Saint-Martin-en-Coailleux). *Comptes Rendus sommaires du Bulletin de la Société Géologique de France*, **5** (20) : 25-26.

RAGOT, L., 1955. — *Contribution à l'étude des formes carbonifères du genre Alethopteris*. Mémoire de Diplome d'Études Supérieures, Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 75p., pl. 1-19 (inédit).

RÉMY, W., 1975. — The floral changes at the Carboniferous-Permian Boundary in Europe and North America. *In* : *Proceedings First I.C. White Memorial Symposium*, 1972. *West Virginia Geological Survey*, Morgantown : 305-344.

RÉMY, R. & RÉMY, W., 1956. — *Noeggerathiostrobus vicinalis* E. Weiss und Bemerkungen zu ähnlichen Fruktifikationen. *Abhandlungen der Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **2** : 3-11.

RÉMY, R. & RÉMY W., 1958. — Beiträge zur Kenntnis der Rothliegenflora Thüringens. *Sitzungsberichte der Deutschsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **2** : 3-11.

RÉMY, W. & RÉMY, R., 1959. — *Pflanzenfossilien. Ein Führer durch die Flora des limnisch entwickelten Paläozoikums*. Akademie Verlag, Berlin. 285 p., 209 fig.

RÉMY, W. & RÉMY, R., 1960. — *Eleutherophyllum drepanophyciforme* n. sp. aus dem Namur A von Niederschlesien. *Senkenbergiana Lethaea*, **41** : 89-100.

RÉMY, W. & RÉMY, R., 1961. — *Noegerathiostrobus vicinalis* E. Weiss und Bemerkungen zu ähnlichen Fruktifikationen. *Abhandlungen der Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **2** : 3-11.

RÉMY, W. & RÉMY, R., 1975. — *Lescuropteris* (al. *Odontopteris) genuina* Grand'Eury sp. emend. et nov. comb. (Stefan) und Zwischenfiedern bei *Odontopteris* Brongniart. *Argumenta Palaeobotanica*, Münster, **4** : 93-100.

RÉMY, W. & RÉMY, R., 1977. — *Die Floren des Erdaltertums*. Gluckauf, Essen. 468 p., 248 fig.

RENAULT, B., 1869. — Étude de quelques végétaux silicifiés des environs d'Autun. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **12** : 161-190.

RENAULT, B., 1873. — Recherches sur l'organisation des *Sphenophyllum* et des *Annularia*. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **5** (18) : 7-22.

RENAULT, B., 1875a. — Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun et de St-Etienne. Étude du genre *Botryopteris*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **80** : 202-206.

Source : MNHN, Paris

RENAULT, B., 1875b. — Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun et de St-Étienne. Étude du genre *Botryopteris*. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **6** (1) : 220-240.

RENAULT, B., 1875c. — Étude du genre *Myelopteris*. *Mémoire de Savants Etrangers présentés à l'Académie des Sciences.*, Imprimerie Nationale, Paris, **22** (10) : 1-28, pl. 1-16.

RENAULT, B., 1876a. — Sur la fructification de quelques végétaux silicifiés provenant des gisements d'Autun et de Saint-Étienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **82** : 992-995.

RENAULT, B., 1876b. — Recherches sur quelques Calamodendrées et sur leurs affinités botaniques probables. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **83** : 574-575.

RENAULT, B., 1876c. — Recherches sur la fructification de quelques végétaux provenant des gisements silicifiés d'Autun et de Saint-Étienne. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **6** (3) : 5-29.

RENAULT, B., 1876d. — Nouvelles recherches sur la structure des *Sphenophyllum* et sur leurs affinités botaniques. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique*, **6** (4) : 279-311.

RENAULT, B., 1879. — Structure comparée de quelques tiges de la flore Carbonifère. *Nouvelles Archives du Muséum d' Histoire Naturelle*, **2** (2) : 213-348.

RENAULT, B., 1882. — *Cours de botanique fossile*. **2** : 213-225.

RENAULT, B., 1883. — *Cours de botanique fossile* — **3**. Masson, Paris. 241 p., 35 pl.

RENAULT, B., 1885a. — *Cours de botanique fossile* — **4**. Masson, Paris. 232 p., 26 pl.

RENAULT, B., 1885b. — Recherches sur les végétaux fossiles du genre *Astromyelon*. *Annales des Sciences Géologiques*, Paris, **17** : 1-34.

RENAULT, B., 1887. — Sur le genre *Aetheotesta* Brongniart. *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de Saône-et-Loire* : 1-6.

RENAULT, B., 1893-1896. — *Étude des gîtes minéraux de la France : Bassin Houiller et Permien d'Autun et d'Epinac*. IV — Flore fossile : Atlas (1893), 89 pl. ; Texte (1896) : 578p. Imprimerie Nationale, Paris.

RENAULT, B., 1898. — Notice sur les Calamariées (suite), 3. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, **14** : 339-352.

RENAULT, B., 1901. — Sur quelques Cryptogames hétérosporées. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, **14** : 339-352.

RENAULT, B., 1902. — Note sur quelques micro et macrospores fossiles. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, **15** : 97-115.

RENAULT, B. & GRAND'EURY C., 1875. — Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun. Étude du *Sigillaria spinulosa*. *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, **22** (9) : 1-23.

RENAULT, B. & ZEILLER, R., 1884. — Sur un nouveau genre de graines du Terrain houiller supérieur. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **99** : 56-58.

RENAULT, B. & ZEILLER, R., 1888-1890. — Flore fossile du terrain houiller de Commentry. *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, St-Étienne, **3**, II, 2, Texte (1888-90) : 1-746, Atlas (1888), pl. 1-75.

RENIER, A. & STOCKMANS, F., 1938. — *Flore et faune houillère de la Belgique*, 35-98.

RETTSCHLAG, R. et RÉMY, W., 1954. — Beiträge zur Kenntnis einiger Paläozoischer Fruktifikationen. *Geologie*. **3** : 590-603.

ROST, W., 1839. — *De filicum ectypis obviis in lithanthracum vettinensium lobeiunnensiumque fodinis*. Halle.

ROTHWELL, G.W., 1975. — The Callistophytaceae (Pteridospermopsida) : I. Vegetative structures. *Palaeontographica*, (B) **151** : 171-196.

ROTHWELL, G.W., 1980. — The Callistophytaceae (Pteridospermopsida) II. Reproductive features. *Palaeontographica*, (B), **173** : 85-106.

ROTHWELL, G.W., 1981. — The Callistophytales (Pteridospermopsida) : reproductively sophisticated Paleozoic gymnosperms. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **32** : 103-121.

ROTHWELL, G.W. & EGGERT, D.A., 1986. — A monograph of *Dolerotheca* Halle, and related complex permineralised medullosan pollen organs. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth Sciences*, **77** : 47- 79.

ROTHWELL, G.W. & WARNER, S., 1984. — *Cordaixylon dumusum* n. sp. (Cordaitales). I. Vegetative structure. *Botanical Gazette*, **145** : 275-291.

RUI, L. & ZHANG, L., 1990. — Chronostratigraphic subdivision of the Upper Carboniferous of South China. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **130** : 339-344.

SALTZWEDEL, K., 1969. — Revision der *Imparipteris ovata* (Hoffman) Gothan. 1. *Argumenta Palaeobotanica*, **3** : 131-162.

SAPORTA, G. DE, 1876. — Étude sur la vie et les travaux paléontologiques d'Adolphe Brongniart. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **3** (4) : 373-407.

SAPORTA, G. DE, 1877. — Sur la flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France de M. Cyrille Grand'Eury. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **3** (5) : 365-384.

SCHENK, A., 1883. — *Pflanzen aus der Steinkohlenformation*. *In* : von Richthofen F.F., *China*. Berlin. 4/2, 9.

SCHIMPER, W.P. & SCHENK, A., 1879. — Zittel's Handbuch der Palaeontologie. II, *Palaeophytologie* : Leipzig, **1** : 1-152.

SCHIMPER, W.P., 1869-1874. — *Traité de Paléontologie végétale*. Baillère et fils, Paris. **1** : 738 p., **2** : 968 p., **3** : 896 p., 110 pl.

SCHLOTHEIM, E.F. VON, 1804. — *Beschreibung merkwürdiger Kräuter-Abdrücke und Pflanzen-Versteinerungen (Ein Beitrag zur Flora der Vorwelt)*. Gotha : 1-68, 14 pl.

Source : MNHN, Paris

SCHLOTHEIM, E.F. VON, 1820. — *Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beischreibung seiner Sammlung versteinerter und fossiler Über*. Gotha : 1-437.

SCHNEIDER, J., 1989. — Basic problems of biogeography and biostratigraphy of the Upper Carboniferous and Rotliegendes. *Acta Musei Reginaehradecensis S. A. : Scientiae Naturales*, **22** : 31-44.

SCHOPF, J.M., 1941a. — Contribution to Pennsylvanian Paleobotany : *Mazocarpon oedipternum* sp. nov. and Sigillarian relationships. *Illinois State Geological Survey Report of Investigations*, **75** : 1-50.

SCHOPF, J. M., 1941b. — Notes on the Lepidocarpaceae. 3. *Geological Survey Circular*, **73** : 548-564.

SCHOPF, J.P., 1948. — Pteridosperm male fructifications : american species of *Dolerotheca*, with notes regarding certain allied forms. *Journal of Paleontology*, **22** (6) : 681-724.

SCOTT, D.H., 1901. — On the structure and affinity of fossil plants from the Palaeozoic rocks. 4. The seedlike fructification of *Lepidocarpon*. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*, (B) **194** : 291-333.

SCOTT, D.H., 1920. — *Studies in Fossil Botany*. Londres. **I** : 1-434.

SCOTT, D.H., 1923. — *Studies in Fossil Botany*. Vol. II. *Spermophyta*. 3[d] edition, 445 p., 136 fig. , Hafner Publish. Comp., New York, 1962.

SETLIK, J., 1951. — Recherches paléontologiques sur le Stéphanien de Bohême centrale et de Moravie. *Ustredni Ustav Geologicki*, Prague, **18** : 437-448 (en tchèque, résumé français).

SEWARD, A.C., 1917. — *Fossil plants*. Vol. III. *Pteridospermae, Cycadofilices, Cordaitales, Cycadophyta*. Cambridge University Press. 656 p.

SHCHEGOLEV, A. K., 1975. — Die Entwicklung des Pflanzenbedeckung im Süden des europaischen Teils der USSR, vom Ende des Mittelkarbons bis zum Perm. Umfang und Gliederung des oberen Karbons (Stefan). *Comptes Rendus du 7[e] Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Krefeld, 1971, **4** : 275-280.

SHUTE, C.H., & CLEAL C.J., 1989. — The holotype of the Carboniferous marattialean fern *Lobatopteris miltoni* (Artis). *Bulletin of the British Museum Natural History (Geology)*, **45** (1) : 71-76.

SIMSON-SCHAROLD, E., 1934. — Zur Kenntnis der Carbonflora des Saargebietes. *Palaeontographica*, (B) **79** : 1-66, 7 pl.

SOLMS-LAUBACH, Graf zu H., 1884. — Über *Stigmariopsis* Grand'Eury. *Palaeontologische Abhandlungen von Dames und Kayser, W.F.* 2, fig. 8.

SOMERS, Y., 1972. — *Microfossiles organiques du Paléozoïque. 5- Spores : Révision du genre Lycospora Schopf, Wilson et Bentall*. Éditions du C.N.R.S., Paris, 110 p., 15 pl.

STERNBERG, K.V., 1820-1838. — *Versuch einer geognostich-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt*. Brenck, Regensburg, Band I (1820-1826), Band II (1833-1838).

STERZEL, J.T., 1881. — Paläontologischer Charakter der oberen Steinkohlenformation und des Rotleigenden im erzgebirgischen Becken. *Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz*, **7** : 155-270.

STERZEL, J.T., 1886. — Neuer Beiträge zur Kenntnis von *Dicksoniites Pluckeneti* Brongniart sp. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft* : 773-806.

STIDD, B.M. & COSENTINO, K., 1976. — *Nucellangium* : gametophytic structure and relationship to *Cordaites*. *Botanical Gazette*, **137** (3) : 242-249.

STORCH, D., 1966. — Die Arten der Gattung *Sphenophyllum* Brongniart im Zwickau-Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier. Ein Beitrag zur Revision der Gattung. — *Paläontologische Abhandlungen*, Berlin, **2** : 195-426.

STORCH, D., 1980. — *Sphenophyllum*-Arten aus drei intramontanen Karbonbecken-pflanzengeographische Besonderheiten im mitteleuropäischen Karbon. — *Schriftenreihe für geologische Wissenchaften*, **16** : 171-273.

STUR, D., 1885. — Die Carbonflora der Schatzlarer Schichten. I. Die Farne der Carbonflora der Schatzlarer Schichten (Beiträge zur Kenntniss der Flora der Vorwelt, Bd. 2). *Abhandlungen der Kaiserlich- Königlich Geologische Reichsanstallt*, **11** (1) : 1-148, 47 pl.

SUSTA, V., 1928. — Stratigraphie des Ostrauer-Karwiner Steinkohlenreviers im Lichte der Paläontologie. *In* : *Die Bergbau des Ostrau-Karwiner Steinkohlen Reviers*. **I**.

TEIXEIRA, C., 1939a. — Contribuicao para o estudo do Estefaniano dos arredores do Porto. *Annales da Facultade de Ciencias do Porto*, **24** (3) : 172-191.

TEIXEIRA, C., 1939b. — Sobre o *Sphenophyllum costae* Sterzel do Carbonifero Portugues. *Publicaçao do Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico da Faculdade de Ciencias do Porto*, **10** : 4-11.

TEIXEIRA, C., 1940. — Estudos sobre Paleobotanica Portuguesa. *Publicaçao do Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico da Faculdade de Ciencias do Porto*, **20** : 1-24, 10 pl.

TEIXEIRA, C., 1954. — Sur la forme fertile de *Pecopteris viannae* Teix. *Comptes Rendus du 8[e] Congrès International de Botanique*, Paris 1954 : 175-176.

UNGER, F., 1850. — *Genera et Species plantarum fossilium. Vindobonae* : 1-627.

VANDENBERGHE, A., 1960a. — *Pringlia demaistrei* nov. sp. Un Xiphosure (Chélicérate) du Stéphanien de la Loire. *Bulletin de la Société Géologique de France.*, **7** (2) : 687-689, pl. 13b (1, 2).

VANDENBERGHE, A., 1960b. — Un arthropode du terrain houiller de la Loire : *Eileticus pruvosti* nov. sp. Position systématique du genre *Eileticus* Scudder. *Bulletin de la Société Géologique de France.*, **7** (2) : 690-692.

VANDENBERGHE, A., 1961. — Contribution à la recherche d'une limite entre le Stéphanien et l'Autunien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **252** : 1172-1174.

Source : MNHN, Paris

VANDENBERGHE, A., 1963. — Inventaire des collections de Paléontologie végétale de l'Ecole des Mines de Saint-Étienne. *Travaux du laboratoire de Géologie de l'Ecole des Mines de Saint-Étienne*, **1** : 1-100 ; **2** : 1-107.

VETTER, P., 1968. — *Géologie et paléontologie des bassins houillers de Decazeville, de Figeac et du Détroit de Rodez*. Houillères du Basssin d'Aquitaine, Albi, **2** : 194 p., 49 pl.

VETTER P., 1971. — Le Carbonifère Supérieur et le Permien du Massif Central. *In* : Symposium J. Jung. *Plein Air Service*, Clermond-Ferrand : 169-213.

VETTER, P., 1986. — Les formations limniques du Carbonifère supérieur et de l'Autunien en France. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **149** : 7-14.

VISSCHER H., KERP. H & CLEMENT-WESTERHOF J.A., 1984. — Aspects or Permian Palaeobotany and Palynology. VI. Towards a flexible system of naming Palaeozoïc Conifers. *Acta Botanica Neerlandica*, **35** (2) : 87-99.

WAGNER, R.H., 1958a. — Some Stephanian Pecopterids from NW Spain. *Mededelingen van de Geologische Stichting*, (N.S.) **12** : 5-23, 13 pl.

WAGNER, R.H., 1958b. — *Pecopteris pseudobucklandi* Andrae and its general affinities. *Mededelingen van de Geologische Stichting*, (N.S.) **12** : 25-30.

WAGNER, R.H. 1963. — Stephanian B flora from the Cinera-Matallena Coalfield (Leon) and neighbouring outliers. 1. Introduction. *Neuropteris. Notas y Communicaciones del Instituto Geologico y Minero de España*, **72** : 1-69.

WAGNER, R., H., 1964a. — Stephanian Flora in NW Spain, with special reference to the Westphalian D-Stephanian A boundary. *Comptes Rendus du 5e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Paris 1963. **2** : 835-851.

WAGNER, R. H., 1964b. — Stephanian B Flora from the Cinera-Matallana Coalfield and neighbouring outliers. 2. *Mixoneura, Reticulopteris, Linopteris* and *Odontopteris. Notas y Comunicaciones del Instituto Geologico y Minero de España*, **75** : 5-55.

WAGNER, R.H., 1965. — Stephanian B flora from the Cinera-Matallana coalfield (Leon) and neighbouring outliers. III. *Callipteridium* and *Alethopteris. Notas y Communicaciones del Instituto Geologico y Minero de España*, **78** : 5-69.

WAGNER, R.H., 1966. — Palaeobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in N.W. Spain. *Mem. Inst. Geol. y Miner. de España*. **66**, 1965 : 1-169.

WAGNER, R.H., 1968. — Upper Westphalian and Stephanian Species of *Alethopteris* from Europe, Asia Minor and North America. *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst*, (C) **3** (6) : 1-193, 64 pl.

WAGNER, R.H., 1971. — The Westphalian D floras of the Olloniego and Esperanza formations in the Central Asturian Coaldfield. *Trabajos de Geologia, Facultad de Ciencas, Universidad de Oviedo*, **4** : 461-505.

WAGNER, R.H.,1983.- Late Westphalian D and Early Cantabrian Floras of the Guardo Coalfield. *In :* WAGNER R.H., FERNANDEZ GARCIA L.G. & EAGAR R.M.C., *Geology and Paleontology of the Guardo Coalfield (N. E Leon-NW Palencia), Cantabrian Mountains*. Instituto Geologico y Minero de España : 7-109.

WAGNER, R.H. 1984. — Megafloral zones of the Carboniferous. *Comptes Rendus du 9e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Urbana, Illinois, 1979, **2** : 109-134.

WAGNER, R.H., 1985. — Upper Stephanian stratigraphy and palaeontology of the Puertollano Basin, Ciudad Real, Spain. *Annales da Faculdade de Ciencias do Porto*, suppl. **64** : 171-231.

WAGNER, R.H. & LEMOS DE SOUZA, M.J.L., 1982. — Systematic and distribution of *Linopteris florini* Teixeira and *Linopteris gangamopteroides* (de Stefani) Wagner. *Com. Serv. Geol. Portugal. Lisboa*. **68** (2) : 247-256.

WAGNER, R.H. & LEMOS DE SOUZA, M.J., 1985. — *Oligocarpia leptophylla* (Bunbury), nomenclatorial history and description of the lectotype. *Annales da Faculdade de Ciencias do Porto*, suppl. **64** : 481-491.

WAGNER, R.H., VILLEGAS, F.J. & FONOLLA, F., 1969. — Description of the Lower Cantabrian. Stratotype near Tejerina (Leon, NW. Spain). *Comptes Rendus du 6e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Sheffield, 1967, **1** : 115-138.

WAGNER, R.H. & WINKLER-PRINS, C.F., 1979. — The lower Stephanian of Western Europe. *In* « Palaeontol. Charact. of main Subdiv. of the Carboniferous ». *Comptes Rendus du 8e Congrès de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Moscow, 1975. **3** : 111-140.

WAGNER, R.H. & WINKLER-PRINS, C.F., 1985. — Stratotypes of the two lower stages, Cantabrian and Barruelian. *Comptes Rendus du 10e Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*. Madrid, 1983. **4** : 473-483.

WEISS, C.E., 1869-1872. — *Fossile Flora der Jüngsten Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Saar-Rhein-Gebiete.* : 1-250.

WEISS, C.E., 1879. — Beiträge zur fossilen Flora. 2. Die Flora des Rothliegenden von Wünschendorf bei Lauban in Schlesien. *Abhandlungen geol. Spezialkarte von Preuss. u. Thüring. Staaten, Berlin*, **3** (1) : 1-39.

WEISS, C.E., 1885. — Review of paper bei Zeiller René. *Neues Jarhbuch* : 491-492.

WEISS, C.E., 1885. — Zur Flora der ältesten Schichten des Harzes. *Jb. K. Preuss. geol. Landesanst.* **5 :** 148-180.

WENDEL, R., 1980. — *Callipteridium pteridium* (Schlotheim) Zeiller im Typus gebeit des Saaletrogs. *Schriften der geologische Wissenschaften zu Berlin*, **16** : 107-169.

WHITE, D., 1899. — Fossil flora of the Lower Coal Measures of Missouri. *United States Geological Survey Monographies*, **37** : 1-467.

WINKLER-PRINS, C.F., 1990. — SCCS Working group on the subdivision of the Upper Carboniferous S.L. (« Pennsylvanian ») : a summary report. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **130** : 297-306.

Source : MNHN, Paris

WOOD, A. C., 1869a. — Contributions to the knowledge of the flora of the Coal period in the United States. *Transactions of the American philosophical Society*, **13** : 341-350, pl. 8-9.

WOOD, A.C., 1869b. — Contributions to the Carboniferous flora of the United States. *Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Proceedings*, **12** : 236-240, pl. 4-6.

ZALESSKY, M.D. & TCHIRKOVA, H.F., 1937. — Phytostratigraphische Untersuchungen im Bereich der Kohlenführenden Schichten der permischen Becken von Kusnetzk und Minussinks in Sibirien. (Übersetzt von Hirmer). *Palaeontographica*, (B) **82** : 172-203.

ZEILLER, R., 1877. — Détermination des étages houillers à l'aide de la flore fossile. Résumé des travaux de M. Grand'Eury. *Annales des Mines, Mémoires*, **7** (12) : 341-391.

ZEILLER, R., 1879. — Végétaux fossiles du terrain houiller de la France. *Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*, **4** (2) : 1-186, pl. 159-176.

ZEILLER, R., 1880. — Végétaux fossiles du terrain houiller de la France. *Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique de France*. **4** : 1-185. Atlas.

ZEILLER, R., 1883. — Fructifications de fougères du terrain houiller. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique*. **6** (16) : 177-207.

ZEILLER, R., 1884. — Cônes de fructification de Sigillaires. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique*, **6** (19) : 255-280.

ZEILLER, R., 1886-1888. — *Études des Gites Minéraux de la France. Bassin Houiller Valenciennes. Flore Fossile*. Atlas, 1886, pl. 1-94 ; Texte, 1888, 731 p.

ZEILLER, R., 1893. — Étude sur la constitution de l'appareil fructificateur des *Sphenophyllum*. *Mémoires de la Société Géologique de France, Paléontologie*, **11** (4) : 3-39.

ZEILLER, R., 1894. — Notes sur la flore des couches permiennes de Triembach (Alsace). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **22** (3) : 163-182.

ZEILLER, R., 1899. — Étude sur la flore fossile du Bassin houiller d'Héraclée. *Mémoires de la Société Géologique de France, Paléontologie*, **21** : 1-91, pl. 1-4.

ZEILLER, R., 1900a. — *Eléments de Paléobotanique*. Carré et Naud, Paris : 421 p., 210 fig.

ZEILLER, R., 1900b. — Notice sur la collection de Paléontologie végétale de l'Ecole des Mines. *In* : Notices sur les Musées et Collections géologiques, minéralogiques et paléontologiques publiques de Paris en 1900. *Comptes Rendus du 8e Congrès Géologique International*, 35-39.

ZEILLER, R., 1901. — Note sur la flore houillère du Chansi. *Annales des Mines*, Paris. **9** (19) : 431-453.

ZEILLER, R., 1905. — Une nouvelle classe de Gymnospermes : les Ptéridospermées. *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, **16** : 773-806.

ZEILLER, R., 1906. — *Étude des gîtes minéraux de la France : Bassin houiller et Permien de Blanzy et du Creusot*. Imprimerie Nationale, Paris. 265 p., 51 pl.

ZENKER, F., 1837a. — Beschreibung von *Galium sphenophylloides* Zenk. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, Stuttgart* : 398-400, pl. 5.

ZENKER, F., 1837b. — *Scolecopteris elegans* Zenk. Ein neues fossiles Farngewächs mit Fruktifikationen. *Linnaea*, **11 :** 509-512.

ZODROW, E.L., 1990. — Revision and emendation of *Pecopteris arborescens* group, Permo-Carboniferous. *Palaeontographica*, (B) **217** : 1-86, 8 pl.

Source : MNHN, Paris

ANNEXE 1. — PRINCIPAUX SONDAGES FORÉS DANS LE BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE ENTRE 1955 ET 1961 (SÉRIE S)

N°	lieu-dit	date d'arrêt	profondeur atteinte
S. 1	Triollière 1	13/10/1955	798,00 m
S. 2	Triollière 2	30/04/1956	633,70 m
S. 3	Alus	19/11/1957	1 610,90 m
S. 4	Alus 4	01/07/1958	885,90 m
S. 6	de Poix	05/02/1959	1 410,00 m
S. 7	du Bois	16/04/1958	1 430,90 m
S. 8	du Bessy	20/07/1959	1 285,60 m
S. 9	La Fenassière	18/04/1957	1 189,40 m
S.10	Bas Bessy	18/10/1957	832,26 m
S.11	Croix de la Garde	11/04/1957	810,70 m
S.12	la Fayette	11/10/1956	637,30 m
S.13	La Piotière	05/10/1956	672,40 m
S.14	Lanlyre	03/03/1957	566,60 m
S.15	Villebœuf	23/09/1958	813,30 m
S.16	Champonnières	25/03/1958	813,80 m
S.17	Montsalson	13/07/1957	832,05 m
S.18	des Combes "La Tour"	04/04/1957	972,00 m
S.19	Chaucombet	20/10/1959	1 184,70 m
S.20	Le Devey	13/12/1958	1 218,50 m
S.21	Cote Gravelle	06/04/1960	1 037,30 m
S.22	Verpilleux	30/08/1956	620,25 m
S.23	(Verpilleux) Crêt fond	06/03/1957	596,70 m
S.24	Maison Blanche	17/01/1957	1 261,60 m
S.25	Talaudière (Peticulty)	06/06/1958	966,90 m
S.28	Crêt Beauplomb	20/11/1956	560,34 m
S.27	Briquetterie	14/08/1957	743,70 m
S.28	Chataigneraie	05/11/1957	590,00 m
S.29	Les Baraudes	14/03/1958	816,90 m
S.30	Le Devey	6/12/1957	886,70 m
S.35	Crêt Pommat	09/04/1959	1 317,50 m
S.36	du Ban	14/12/1959	1 240,70 m
S.37	La Pinatelle	05/10/1959	1 237,80 m
S.38	Le Plat du Ban	15/08/1960	1 146,00 m
S.39	La Fenassière	10/11/1961	987,10 m

Source : MNHN, Paris

ANNEXE 2. — ÉQUIVALENCES ENTRE L'*INDEX PLANTARUM* DE GRAND'EURY ET LA PRÉSENTE ÉTUDE

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
THALLOPHYTES				
Classe des CHAMPIGNONS	08			
Exipulites punctatus [G.]	10		N R	
Hysterites cordaitis G.	10	1 (7)	N R	
CORMOPHYTES				
CRYPTOGAMES VASCULAIRES				
Classe des CALAMARIÉES Endlicher	11			
Genre *Calamites* Suckow	13			
C. suckowii Brongniart	14	A	R	
C. cistii Brongniart	19	2 (1, 3) A	R	
C. ramosus Artis	20	2 (4, 4')	N R	
C. cannaeformis Schlotheim	21	3 (1, 2)	N R	
C. major Weiss	22		R	SEM 94
C. gigas Brongniart	23		R	
C. pachyderma ? Brongniart	23	3 (3)	R	MNHN 152
C. anceps [G.]	23		N R	
Calamocladus Schimper	24			
Calamostachys Schimper	25	5 (1-3)	R	Figuré : *Calmostachys dumasii* MNHN 8279
Calamorrhiza [G.]	26			
Calamites foliosus G.	31		N R	
Genre *Asterophyllites* Brongniart	32	4 et A		
Genre *Calamophyllites* G.	32	4		
Genre *Endocalamites* G.	34	4		
Genre *Volkmannia* Sternberg	36			
Calamophyllites longifolius [G.]	38		N R	⇒ *Hippurites longifolia*
Asterophyllites equisetiformis Schlotheim	38		R	SEM 97
Coleophyllites zeaeformis [G.]	38		N R	⇒ *Poacites zeaeformis*
Calamophyllites communis G.	39		N R	
Endocalamites varie approximatus [G.]	39		N R	⇒ *E. approximatus*
Asterophyllites hippuroides Brongniart	39	A (3)	N R	
Volkmannia gracilis Presl	40	6 (1)	N R	
Calamophyllites ingens G.	40		N R	
Endocalamites varians Sternberg	40	A (4)	N R	
Asterophyllites rigidus Brongniart	41		N R	
A. grandis Sternberg	41		N R	
Volkmannia effoliata G.	41	6 (2)	N R	
Bruckmannia grand'euryi Renault	42		R	= *Calamostachys grand'eury* MNHN, lame REN 3776
Genre *Annularia* Brongniart	42			
A. minuta Brongniart	42		N R	⇒ *Asterophyllites spicata* ou *A. radiiformis* ou *A. radiata*
A. radiata Brongniart & Sternberg	43		R	SEM 81
A. sphenophylloides Zenker	43		R	SEM 82
Volkmannia pseudosessilis [G.]	43	6 (3)	N R	⇒ *V. sessilis* ? (p. 309)
Annularia longifolia Brongniart	44		R	= *Annularia stellata*, SEM 88
Equisetites lingulatus Germar	44		N R	
Bruckmannia tuberculata Sternberg	45	6 (4, 5)	R	= *Calamostachys tuberculata* SEM 96
Pinnularia Lindley & Hutton	46	6 (6)	N R	
Genre *Equisetites* Sternberg	46			
E. dubius 309	5 (4)		N R	
E. geinitzii Sternberg	47	5 (5)	N R	
Endocalamites approximatus [G.]	47		N R	⇒ *Calamites approximatus*
Equisetites priscus ? Geinitz	48		N R	

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Macrostachya infundibuliformis Bronn	48	32 (1)	R	SEL G1, SEL G 69
Genre *Sphenophyllum* Brongniart	49			
S. stephanense Renault	50		N R	cf. *S. quadrifidum* MNHN, lame REN 1562
S. schlotheimii Brongniart	51		N R	= *S. verticillatum*
subsp. *truncatum* Schimper	51		N R	⇒ à feuilles de *S. emarginatum*
S. angustifolium Germar	52	6 (7-10)	R	SEM 52
subsp. *bifidum* G.	52	6 (7)	N R	
S. emarginatum Brongniart	52		R	SEM 54
S. saxifragaefolium Sternberg	52		N R	
S. oblongifolium Germar	53	6 (11, 12)	R	SEM 58
S. majus Bronn	53		N R	
S. thonii Mahr	53		R	SEM 70
Classe des FILICACÉES	55			
Cadre des HETEROPTERIDES	58			
Sphenopteris Brongniart	58			
S. artemisiaefolia ? Sternberg	58		N R	
S. dicksonioides Goeppert	59		N R	
S. gravenhorstii Brongniart	59		N R	
S. cheilanthoides Goeppert	59		N R	
S. aneimioides Schimper	59		N R	
Pecopteris-Sphenopteroides Brongniart	60	7 (1-2)		
sous-groupe *Pecopteris dicksonioides* [G.]	60	7 (1) ?		
Sphenopteris chaerophylloides	60	7 (1-1a) ?	R	SEM 180
Pecopteris cristata Brongniart	60		N R	= *S. chaerophylloides* ?
Pecopteris leptopteroides [G.]	60		N R	
sous-groupe *Pecopteris aneimioides* [G.]	61			
Pecopteris subnervosa G. (non Romer)	61		N R	= *Pseudomariopteris busquetii* ? SEM 491
Pecopteris pluckeneti Schlotheim	61	B	R	= *Dicksoniites pluckenetii* SEM 475
Paragonorrhachis G.	62	7 (2b)	N R	
Pre-Pecopteris G. (Schizéacées)	62			
Senftenbergia elegans	62		N R	
Pecopteris dentata Brongniart, Geinitz	63		R	= *P. plumosa-dentata* SEM 252
P. biotii Brongniart	63		R	MNHN 8322, type
P. aspidioides Sternberg	63		N R	
P. integra Andrae	63		R	SEM 226
P. erosa Gutbier	63		R	= *Alloiopteris erosa* SEM 151
Oligocarpia gutbieri Goeppert	64		R	= *Sphenopteris gutbieri* SEM 177
RHACHIOPTERIS Corda	64			
Anachoropteris pulchra Corda	64		R	MNHN, lame REN 2230, type
Rhachiopteris forensis G.	64	13 (1)	N R	
Zygopteris lacatii Renault	64		N R	
Phthoropteris Corda	64	B	N R	
Groupe des PÉCOPTÉRIDÉES ARBORESCENTES	65			
Sous-famille des MARATTIACÉES	65			
1er groupe - *Pecopteris-cyatheoides* B.	67			
Asterotheca Presl	67			⇒ *Asterocarpus* Goeppert
Pecopteris arborescens Schlot., Brong., And.	68	8 (6a,b)	R	SEM 207
P. alpina Presl	68		N R	
P. selaginorrhachis	68		N R	

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
P. pulchra Heer	68		R	MNHN 8330
P. cyathea Brongniart	68	8 (7)	R	LY 10
P. candolleana Brongniart	69	8 (8)	R	⇒ *P. affinis*, ⇒ *P. lepidorrhachis* MNHN 8331
P. schlotheimii Goeppert	69		N R	
P. hemitelioides Brongniart	70	8 (9h, i)	R	MNHN 686, type
subsp. *prior* G.	70		N R	
Pecopteris truncata Germar	70		R	= *Asterotheca sternbergi* SEM 278
P. oreopteridia Schlotheim, Brongniart	71		N R	
P. euneura Schimper	71	7 (3)	R	= *P. trevirani*, SEM 272
P. alethopteroides G.	71	7 (4)	N R	
P. lamuriana Heer	72		R	SEM 228
P. fertilis G.	72	8 (12)	N R	
Scolecopteris subelegans Zenker	72	8 (3)	N R	⇒ *S. elegans*
S. ripageriensis [G.]	73	8 (5)		non identifié avec certitude
2e groupe - *Pecopteris nevropteroides* B.	73			
Pecopteris polymorpha Brongniart	74	8 (10,11)	R	SEM 253
Scolecopteris conspicua G.	74		N R	
Pecopteris bucklandi Brongniart	75		N R	
P. pteroides Brongniart (non Geinitz)	75		R	= *Callipteridium pteridium* MNHN 722 (Brg. pl. 105)
3e groupe - *Goniopteris* Presl	75			
Pecopteris unita Brongniart	76	8 (13)	R	SEM 226
var. *major* Brongniart	77		N R	
var. *emarginata* Goeppert	77		N R	
var. *longifolia* [G.]	77		N R	
P. lartetii Bureau	77		N R	
P. arguta Brongniart ⇒ *P. elegans* Germar	77		R	= *P. feminaeformis* MNHN 8344
P. marattiaetheca G.	77	7 (5)	N R	
P. angiotheca G.	78	7 (7)	N R	
Spiropteris Schimper	79			
S. vernationis [G.]	79		N R	
S. selaginoides [G.]	79		N R	
S. schizopteroides [G.]	79		N R	
Stipitopteris G.	79	13 (2)		
S. aequalis G.	81		N R	
S. punctata G.	81		N R	
S. delineata G.	81		N R	
S. verrucosa G.	81		N R	
S. notata G.	81		N R	
CAULOPTÉRIDES	83			
Megaphytum Artis	83	13 (3)		
M. m'layi Lesquereux	83		R	MNHN 8346
vel *goldenbergii* Weiss	83		N R	
M. majus ? Presl	83		N R	
Caulopteris Lindley & Hutton	83			
C. protopteroides G.	85	10 (1)	R	MNHN 8345
C. perfecta G.	85	9 (1)	N R	
C. peltigera Brongniart	85	9 (2)	R	SEM 515
C. cistii Brongniart	86		N R	
C. neomorpha G.	86		R	MNHN 8351
C. pygmea	86		NR	
C. minor Schimper	86	9 (3)	R	MNHN 8353

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Caulopteris endorrhiza G.	87	9 (4)	R	MNHN 8352
C. patria G.	87		R	MNHN 8348
C. stipitopteroides G.	87		N R	
C. distans G.	87		N R	
Ptychopteris Corda	88			
P. macrodiscus Brongniart	88		R	= *Caulopteris macrodiscus* LY 5
P. obliqua Germar	89	10 (2)	N R	= *C. macrodiscus*
P. incerta [G.]	89		R	⇒ *P. macrodiscus*, MNHN 8355
Psaroniocolon G.	89			
P. sulcatum [G.]	92		R	MNHN 8356
P. endogenitum [G.]	92		N R	
Psaronius Cotta	92			
Psaronius in loco natali	93	11		Etudiés en place par Grand'Eury
P. corteus [G.]	95	11 (1-6)		Etudiés en place par Grand'Eury
P. carbonifer Corda	96			Etudiés en place par Grand'Eury
P. giganteus Corda	96			Etudiés en place par Grand'Eury
P. lignosus G.	96		R	MNHN 8358
P. ogygius G.	97		N R	Validité douteuse
Tubiculites G.	98	10 (3,4)		
Tubiculites relaxato-maximus [G.]	102		N R	
T. coarctato-minimus [G.]	103		N R	
TRIBU ANORMALE DES NÉVROPTÉRIDÉES	104			
ALETHOPTÉRIDÉES	106			
Genre *Alethopteris* Sternberg	106			
A. grandini Brongniart	107		R	= *A. zeilleri*, SEM 306
A. aquilina Brongniart	108		N R	
Genre *Callipteridium* Weiss	108			
C. callipteroides G.	109		R	MNHN 8367
C. ovatum (Brongniart) vel *mirabile* Rost	109		R	= *C. pteridium*, MNHN 8366
C. gigas Gutbier	109		R	SEM 325
C. nevropteroides G.	110		R	MNHN 8363
NÉVROPTÉRIDES	110			
Genre *Odontopteris* Brongniart	111			
(*Cyclopteris emarginata* [G.])	111			
Fructification	111	13 (4-4")	N R	⇒ *O. sorifera* [G.]
O. minor Brongniart	112		N R	
O. reichiana Gutbier	112		R	SEM 381
var. *primigenia* G.	112		N R	
var. *lanceolata* G.	112		R	SEM 378
Cyclopteris trichomanoides Brongniart	113		N R	
var. *fimbriata* G.	114	12 (3)	N R	
var. *conchacea* Germar & Kaulfuss	114	12 (4)	N R	
var. *biauriculata* G.	114	12 (5)	N R	
var. *scissa* G.	114	12 (6)	N R	
var. *pinnatisecta* G.	114	12 (7)	N R	
var. *explicata* G.	114	12 (8)	N R	
Odontopteris brardii Brongniart	115		R	⇒ O. *crenulata* Brong ⇒ *Neuropteris villiersi* SEM 371
Cyclopteris coriacea [G.]	115		N R	
C. iliciformis [G.]	115		N R	
Odontopteris genuina G.	115		R	= *Lescuropteris genuina* MNHN 8372
O. hercyna ? Romer	115		R	MNHN 8375

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Subg. *Odontopteris-Mixoneura* Weiss	116			
Odontopteris otopteroides G.	116		N R	⇒ *O. obtusa*
	116	13 (4-4")	N R	⇒ *O. sorifera* [G.] (p. 111)
O. obtusiloba Naumann	116		N R	= *O. subcrenulata*
O. schlotheimii Brongniart	117		N R	= *O. pseudoschlotheimi*
O. nevropteroides G.	117		N R	
Cyclopteris macilenta G.	117		N R	⇒ avec *O. schlotheimi* ou *Nevropteris cordata*
Genre *Neuropteris* Brongniart	117			
N. loshii Brongniart (identifié *N. osmundae*)	118		R	MNHN 8384
N. flexuosa Sternberg	119		N R	
N. gigantea Geinitz	119		N R	
N. auriculata Brongniart	119		R	= *N. osmundae*, SEM 397
N. cordata Brongniart	119		R	SEM 453
Genre *Dictyopteris* Gutbier	120			
D. neuropteroides Gutbier	120		N R	
D. brongniarti Gutbier	120		R	= *Linopteris brongniarti* SEL E 19
D. schutzei Romer	121		R	= *Reticulopteris germarii* SEL E 15
Genre *Taeniopteris* Brongniart	121			
T. jejunata G.	121		R	SEM 501
T. abnormis Gutbier	121		R	MNHN 8390
Genre *Aulacopteris* G.	122	B		
A. vulgaris G.	125	12	R	MNHN 8392
A. conveniens G.	126		N R	
A. discerpta G.	126		N R	
Medullosa Cotta	128			
M. carbonaria [G.]	131		N R	
M. elegans Cotta	131		N R	
M. landriotii Renault	132		N R	
M. simplex G.	132	13 (9)	N R	
Classe des SÉLAGINÉES Endlicher	137			
Genre *Lycopodites* Goldenberg	137			
L. decussatus G.	137	14 (1)	R	MNHN 8501
L. lycopodioides Feistmantel	137		N R	
Famille des LÉPIDODENDRÉES	138			
Genre *Lepidodendron* Sternberg	138			
L. rimosum Sternberg	139		N R	= *L. ophiurus*
L. fusiformae Corda	139		N R	
L. sternbergii Brongniart	140	C	R	= *L. ophiurus*, MNHN 8500
L. elegans Brongniart	140		N R	= *L. ophiurus*
L. jarense G.	141		R	MNHN 3498, type
L. beaumontianum Brongniart	141		R	MNHN 1215, type
Genre *Lepidofloyos* Sternberg	141			
Genre *Lomatofloyos* Corda	141			
Lepidofloyos anthracinus Lindley	141		R	MNHN 8495
L. macrolepidotus Goldenberg	142		R	MNHN 8495
L. laricinus Sternberg	142		N R	
Genre *Pseudosigillaria* G.	143			
P. protea G.	143		N R	
P. monostigma Lesquereux	144		R	= *Asolanus camptotaenia* MNHN 8509
P. striata Brongniart	144		N R	

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Knorria Sternberg	145			
K. selloni Sternberg	145		N R	
Genre *Halonia* Lindley & Hutton	145			
H.tuberculata Brongniart	145		N R	
Lepidophyllum [G.]	145			
Genre *Lepidostrobus* Brongniart	146			
L. brongniarti Berger	146		R	MNHN 8494
Lepidophyllum glossopteroides ? Goeppert	146		N R	= *Lepidocarpon major*
L. majus Brongniart	146		R	= *Lepidocarpon major* MNHN 8493
Macrospores	147	14 (2)	N R	
PHANÉROGAMES				
DICOTYLÉDONES GYMNOSPERMES	150			
Ordre des SIGILLARINÉES	152			
SIGILLARIÉES	152			
Genre *Sigillaria* Brongniart	152			
Sigillaria-Clathraria	154			
Sigillaria brardii Brongniart	154	14 (3), C	R	SEM 22
var. *defranchi* Brongniart	154		N R	
Sigillaria (Catenaria) decora Stenberg	155		R	MNHN 8505
Sigillaria-Leiodermaria	155			
Sigillaria spinulosa Germar	155		N R	= *S. brardii*
var. *ottonis* Goeppert	155		N R	
S. grasiana Brongniart	156		N R	
S. lepidodendrifolia Brongniart	156	C	R	MNHN 1107, type
var. cuspidata Brongniart	156		N R	
Sigillaria-Rhytidolepis	156	C		
Sigillaria sillimanni Brongniart	157		N R	
S. rugosa Brongniart	157		R	MNHN 8511
S. elliptica Brongniart	157		N R	
Sigillaria-Favularia	157			
Sigillaria tessellata (Steinhauer) B.	157		N R	
S. elegans Brongniart	157	C	R	MNHN 8510
Sigillariophyllum [G.]	158		R	= *Cyperites bicarinata* SEM 29
Sigillariocladus G.	158	14 (3, 3')	N R	
Sigillarostrobus Schimper	159			
S. fastigiatus Goeppert	160		N R	
S. rugosus G.	160	14 (4)	N R	
S. mirandus G.	160	14 (5)	N R	
Flegmingites Carruthers	161	14 (6)	N R	= *Lepidostrobus in* Boureau
Genre *Syringodendron* Sternberg	165			
S. cyclostigma Brongniart	165		N R	
S. pachyderma Brongniart	165		N R	
S. brongniarti Geinitz	165		N R	
S. magis minusve distans Geinitz	166		N R	
S. alternans Sternberg	166		R	SEL V1 39
S. valde flexuosum G.	166		N R	
STIGMARIÉES	166			
Genre *Stigmaria* Brongniart	188			
S. ficoides vulgaris Brongniart	170		R	MNHN 8493
S. ficoides minor Brongniart	170		N R	
S. attenuata G.	171		N R	

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Genre Stigmariopsis G.	171			
Stigmariopsis inaequalis G.	173		R	MNHN 10073
S. abbreviata Goldenberg	173		N R	
S. tenuis G.	173		N R	
GRAINES POLYGONES				
Genre *Trigonocarpus* Brongniart	182			
T. noeggerathii Sternberg	183	15 (1)	N R	
T. schizocarpoides G.	183	15 (2)	N R	
T. parkinsoni Brongniart	183		N R	
T. pusillus Brongniart	183		R	= *Pachytesta pusilla* MNHN, lames REN 3042/52
T. dubius Sternberg	183		N R	
Comptospermum jarense Brongniart	184		N R	
Musocarpus prismaticus Brongniart	184	15 (3)	N R	
Codonospermum anomalum Brongniart	184	15 (5)	R	MNHN, lame REN 3151
C. minus [G.]	185		N R	
GRAINES POLYPTÈRES				
Polylophospermum Brongniart	186	15 (6)	R	= *P. stephanense* MNHN, lame REN 3123
Hexapterospermum stenopterum B.	186		N R	
H. pachypterum Brongniart	186		N R	
Eriotesta velutina	186		N R	
Ptychotesta Brongniart	186		N R	
Polypterospermum renaultii Brongniart	186		R	MNHN, lame REN 9284
Tripterospermum Brongniart	186	15 (4)	R	MNHN, lame REN 3069
Carpolithes caudatus G.	186	15 (7, 7')	N R	
C. subclavatus Sternberg	186	15 (8)	N R	
C. nucleus G.	187	16 (3)	N R	
C. oblongus G.	187	15 (9)	N R	
C. brevis G.	187	15 (10)	N R	
C. sulcatus Sternberg	187	15 (18)	N R	= *Colpospermum sulcatum* ?
Groupe ambigu des NOEGGÉRATHIÉES				
Noeggerathia-Psygmophylloides	190			
Noeggerathia (Psygmophyllum) ambigua [G]	192		N R	
N. cannophylloides G.	192		N R	
N. angusta [G.]	192		N R	
DOLÉROPTERIDÉES				
Genre *Doleropteris* G.	194			
D. flabellata [G.]	194		N R	
D. gigantea ? Goeppert	194	16	N R	
D. cuneata G.	195	16 (1)	N R	
D. orbicularis Brongniart	195	16	N R	
D. pseudo-peltata G.	196	16 (E)	R	= *D.pseudopeltatum* SEM 546
Aphlebia pateraeformis	198		N R	
Genre *Schizopteris* Brongniart	198			
S. caryotoides Sternberg	199		N R	
S. lactuca Presl	199		N R	
S. pinnata G.	200	17 (1)	R	= *Schizostachys pinnata* SEM 132
S. cycadina G.	200	17 (2)	R	MNHN 8397
Schizostachys frondosus G. (figuré : *Androstachys frondosus*)	201	7 (3)	R	= *Schizostachys spiciformis* SEM 135
Botryopteris forensis Renault	202		R	MNHN, lames REN 2162-64

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Pachytesta Brongniart	203			
P. gigantea [G.]	2O4	16 (5)	R	SEM 567
P. incrassata Brongniart	204		R	MNHN, lame REN 3015
P. schulziana ? Fiedler	204		N R	
Rhabdocarpus Goeppert & Berger	205	15 (15)		
R. rostratus G.	206	15 (14)	N R	
R. tunicatus Goeppert & Berger	206	15 (12)	N R	
Rhabdocarpus conicus Brongniart	207		R	= *Rhabdospermum conicum* MNHN, lame REN 2856
R. astrocaryoides G.	207	15 (13)	N R	
R. carnosus G.	207	15 (17)	N R	
Ordre des CORDAÏTALES				
Cordaites Unger	208			
C. rotundinervis [G.]	209	18 (1)	N R	
C. rhombinervis [G.]	209	18 (2)	N R	
C. duplicinervis [G.]	210	18 (3)	N R	
Dory-Cordaites G.	214			
Cordaites palmaeformis Goeppert	214	18 (4,5,8)	N R	
C. affinis G.	215	18 (6,7)	N R	
Eu-Cordaites [G]	216			
Cordaites borassifolius Sternberg	216		N R	
subsp. *crassifolia*	216		N R	
Cordaites principalis Germar	216		N R	
subsp. *correcta* G.	217		N R	
subsp. *patula* G.	217	21 (7)	N R	
C. angulo-striatus G.	217	19	R	LY 11
C. tenuistriatus G.	218		N R	
subsp. *equalis* G.	218		N R	
subsp. *truncata* G.	218		N R	
C. lingulatus G.	218	20	R	
C. foliolatus G.	219	21 (3)	N R	
subsp. *brevissima* [G.]	219	21 (4)	N R	
C. acutus G.	219	21 (6)	N R	
C. quadratus G.	219	21 (1)	N R	
C. laxinervis G.	220		N R	
C. subcocoinus G.	220		N R	
C. cuneatus G.	220		N R	
C. intermedius G.	220	22	N R	
C. alloidius G.	221	21 (8)	N R	
Poa-Cordaites [G.]	222			
P. latifolius [G.]	224		N R	
P. linearis G.	225	23-24	R	= *P. microstachys*, SEM 541
var. *acicularis* [G.]	225		N R	
var. *zamitoides* [G.]	225	24 (3)	N R	
P. oxyphyllus G.	226	24 (4)	N R	
Cordaianthus G.	227			
"Inflorescences mâles" (G.)	227			
C. gemmifer [G.]	228	26 (4 à 7)	N R	
C. circumdatus G.	230	26 (4)	N R	
C. glomeratus G.	230	26 (5)	N R	
C. foliosus G.	230	26 (6)	N R	
C. gracilis G.	230	26 (7)	N R	
"Inflorescences femelles" (G.)	230			
Cordaianthus baccifer [G.]	230	26 (8-15)	N R	
C. subvolkmanni [G.]	231	26 (8)	N R	
C. nobilis G.	231	26 (9)	N R	

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Cordaianthus subgermarianus [G.]	231	26 (10)	N R	
C. prolificus G.	231	26 (4)	N R	
C. dubius G.	231	26 (12)	N R	
C. racemosus G.	232	24 (6)	N R	
Cordaicarpus major (Brongniart) G.	235	26 (16)	N R	
C. emarginatus Goeppert & Berger	235		N R	
C. gutbieri Geinitz	236		N R	
subsp. *ottonis* [G.]	236		N R	
subsp. *fragosa* [G.]	236		N R	
C. ovatus Brongniart	236	26 (20)	N R	
C. congruens [G.]	236	26 (21)	N R	
C. punctatus G.	237	26 (22)	N R	
C. drupaceus [G.]	237	26 (23)	R	MNHN, lame REN 2778
C. expansus Brongniart	237		N R	
C. subreniformis [G.]	237	26 (25)	N R	
C. intermedius Goeppert	238		N R	
C. ventricosus [G.]	238	26 (17)	N R	
C. eximius G.	238	26 (26)	N R	
C. lenticularis Presl	238		N R	
subsp. *cordai* Geinitz	239		N R	
Diplotesta grand'euryina Brongniart	239	26 (27)	R	MNHN, lame REN 2913
Carpolithes ovoideus Corda	239		N R	
C. ellipticus Sternberg	239		N R	
C. acuminatus ? Sternberg	240		N R	
C. avellanus [G.]	240		N R	⇒ *Sarcotaxus, Leptocaryon* ou *Taxospermum*
C. disciformis Sternberg	240	24 (7)	N R	
subsp. *plicata* Goeppert	240		N R	
subsp. *oblonga* [G.]	241		N R	
Cordaicladus subschnorrianus	243		N R	
C. subschnorrianus modus *ornatus* [G.]	243	28 (1)	N R	
C. ellipticus [G.]	243	28 (5)	N R	
C. selenoides [G.]	244		N R	
C. idoneus [G.]	244	27 (3, 4)	N R	
Artisia Sternberg	244	28		
A. approximata Lindley	247		R	MNHN 8487
A. angularis ? Dawson	248		N R	
A. transversa Artis	248		N R	
A. tantilla [G.]	248		N R	
A. hodierna [G.]	248		N R	
Cordaifloyos [G]	250			
branches ramifiées	251	D		
tiges principales, colonnaires	252	D		
souches étalées	253	29, D		
structure de l'écorce des Cordaïtes	254	29		
Cordaixylon [G.]	257		R	MNHN 8430
Dadoxylon Endlicher	260		N R	
Araucarites Goeppert	260		N R	
Dadoxylon brandlingii Lindley & Hutton	264		N R	
D. intermedium [G.]	263		N R	
D. acadicum ? Dawson	264		N R	
D. stephanense [G.[	265		N R	
D. subrhodeanum [G.]	266		N R	
Genre *Dicranophyllum* G.	272	14 et 30		
D. gallicum G.	275	14 (8-10)	R	SEM 580
D. striatum G.	275	30 (1,2)	R	MNHN 8405

Source : MNHN, Paris

Taxons identifiés ou créés par GRAND'EURY à Saint-Étienne (texte et Index Plantarum)	pages	planches	Échantillons correspondant aux taxons utilisés par GRAND'EURY	
Genre *Walchia* Sternberg	276			
W. pinniformis Schlotheim	276		R	SEM 585
W. hypnoides Brongniart	277		N R	
Botryoconus Goeppert	277	33		
Samaropsis Goeppert	277	33		
Botryoconus femina [G.]	279	33 (1)	N R	
B. mas [G.]	280	33 (2)	R	MNHN 8536
B. pitcarniae Lindley	280		N R	
Samaropsis fluitans Weiss	280	33 (3)	N R	
S. forensis G.	281	33 (4)	N R	
S. subacuta [G.]	281	33 (5)	N R	
S. dubia [G.]	281	33 (6)	N R	
Famille des CALAMODENDRÉES	282			
Genre *Arthropitus* Goeppert	284			
A. bistriata Cotta	286		N R	
A. subcommunis [G.]	286	30 (6)	N R	
A. dadoxylina G.	288	A	N R	
A. ezonata Goeppert	289		N R	
Genre *Calamodendron* Brongniart	289			
Calamodendroxylon striatum Cotta	291		N R	
Calamodendron congenium G.	292		N R	
C. intermedium G.	292		N R	
C. inversum G.	293		N R	
Calamodendrofloyos cruciatus Sternberg	293	A	N R	
modus *encarpatus*	293		N R	
modus *oculatus*	294		N R	
modus *densatus*	294		N R	
Calamodendrofloyos valens G.	296		N R	
Calamodendrea rhizobola G.	296	31	N R	
Asterophyllites gymnospermes ?	299			
Asterophyllites densifolius G.	300	32	R	MNHN 8430
A. sublongifolius G.	301		N R	
A. viticulosus G.	301	32 (3)	N R	
Stephanospermum achenioides Brongniart	305	33 (9)	R	MNHN, lame REN 197
Carpolithes granulatus [G.]	306	33 (7)	N R	
C. socialis [G.]	306	33 (8)	N R	
Macrostachya huttonioides [G.]	306	33 (10)	N R	
M. egregia [G.]	306	33 (11)	N R	
Spirangium carbonarium Schimper	307			Ponte de sélaciens d'eau douce
Poeciloxylon proprium [G.]	307		N R	
P. porosum [G.]	307		N R	
P. partitum [G.]	307		N R	

G. : taxon nettement créé par GRAND'EURY (texte ou index)
[G.] : taxon apparement créé par GRAND'EURY
R : au moins un exemplaire retrouvé correspondant au taxon signalé par GRAND'EURY
N R : pas d'échantillon retrouvé
⇒ : " équivalent " ou " proche " selon GRAND'EURY
= : synonymie actuelle

Source : MNHN, Paris

Annexe 3. — Présentation des auteurs et répartition des tâches

Dans ses grandes lignes, la répartition des tâches s'est établie ainsi :

— Jean Broutin, Dr ès Sciences, Professeur à l'Université P. et M. Curie (Paris VI), a rédigé une grande partie des textes concernant les Sphénophytes et les Coniférophytes. En outre, il a retracé et commenté l'évolution de l'emploi du terme « Stéphanien » pour désigner les formations continentales comprises entre le sommet du Westphalien et la base de l'Autunien. De plus, il s'est chargé de photographier, en lumière naturelle, toutes les pièces intéressantes que nous avons étudiées.

— Jeanne Doubinger, Dr ès Sciences, directeur de Recherche au CNRS, s'est chargée d'une partie des Pécoptéridées, des Sphénoptéridées et des Ptéridospermatophytes. Elle a également traité tout ce qui concerne la palynologie. Elle est malheureusement aujourd'hui disparue.

— Jean Galtier, Dr ès Sciences, Directeur de Recherche au CNRS (Université des Sciences et Techniques du Languedoc) s'est attaché principalement à l'étude des formes minéralisées et à la révision des préparations microscopiques de Renault. Il en a tiré la première documentation microphotographique jamais réalisée de ce matériel exceptionnel, dont de nombreux clichés illustrent cet ouvrage.

— Jean Langiaux, Dr de l'Université de Strasbourg, professeur honoraire de l'enseignement secondaire, a contribué à l'étude des Pécoptéridées et des Ptéridospermatophytes. De plus, il a pris en charge la première saisie des textes rédigés par les co-auteurs, ce qui aura grandement facilité la prise directe des textes par l'imprimeur.

— Pierre Vetter, Dr ès Sciences, géologue retraité des Charbonnages de France, a assuré la présentation géologique du bassin, l'analyse des études antérieures et la description des Lycopodiophytes.

La dispersion géographique des auteurs et des collections n'a pas facilité la tâche. Nous nous sommes réunis au rythme d'une séance de travail en commun tous les deux mois. La plupart de ces réunions se sont tenues au Laboratoire de Paléobotanique du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) où Madame Blanc, sous-directeur, a bien voulu nous accueillir.

Les auteurs ont travaillé en parfaite entente. L'ouvrage réalisé est véritablement une œuvre commune dont chaque partie a été relue, discutée et éventuellement corrigée.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

POSTFACE

Jean-François BECQ-GIRAUDON[1], Daniel MERCIER [2]
& Hervé JACQUEMIN [3]

Le bassin houiller de Saint-Étienne s'est installé au piedmont nord du massif métamorphique du Pilat-Velay. Lié à la surrection de ce dernier, le bassin en est séparé par un faisceau de failles subparallèles de direction N65E auquel appartient l'actuelle faille du Pilat. Ces événements marquent les dernières étapes distensives liées à l'amincissement post-collisionnel de la croûte varisque du Massif Central (MALAVIEILLE *et al.*, 1990).

Affleurant sur plus de 200 km^2, entre les vallées de la Loire et du Rhône, le bassin se présente sous la forme d'un synclinal dissymétrique d'axe WSW-ENE. Des failles à jeux normaux le découpent selon deux directions principales : N65E et N120 à 160E (fig. 394). Le fonctionnement précoce, synsédimentaire et syndiagénétique, de ces accidents est attesté par de nombreuses observations à toutes échelles (MERCIER *et al.*, publication en cours).

La série stratigraphique du bassin de Saint-Étienne était jusqu'alors perçue comme un empilement d'assises définies selon des critères lithologiques et macrofloristiques (DE MAISTRE, 1963). Ainsi établie, son épaisseur théorique devenait importante (plus de 5000 m) et les anomalies ultérieurement révélées par sondage attribuées à des charriages alpins plurikilométriques rendant allochtone l'essentiel des terrains productifs (BOUROZ, 1978).

L'analyse sédimentologique associée à une cartographie détaillée nous amène à concevoir un modèle radicalement différent. Des passages latéraux sont observés depuis les mégabrèches bordières (2, fig. 394) jusqu'aux faciès les plus fins déposés en domaine fluvio-lacustre ou palustre (4, fig. 394). Le réseau hydrographique est commandé par les deux directions structurales. Ainsi, les apports grossiers d'origine locale contribuent à l'édification de cônes alluviaux progradant du SE vers le NW tandis que le cœur du bassin est occupé par une plaine fluviatile inondable assurant le transit, du SW vers le NE, de matériaux plus évolués et diversifiés.

L'évolution spatio-temporelle de ce dispositif, et notamment la progradation des cônes, amène à reconsidérer l'ensemble de la série stéphanienne dont l'épaisseur se trouve fortement réduite :

— en supprimant les charriages qui, par ailleurs, ne résistent pas à l'analyse tectonique régionale (BECQ-GIRAUDON & JACQUEMIN, 1992) ;

— en tenant compte de la migration des systèmes sédimentaires dans un bassin qui s'ouvre progressivement.

Les subdivisions admises jusqu'alors dans le Stéphanien (B, C et D *auct.*) reflètent les variations paléoécologiques liées à la coexistence d'environnements différents (fig. 395).

Ces travaux préliminaires viennent confirmer les vues nouvelles sur la flore stéphanienne

(1) B.R.G.M., B.P. 6009, 45060 Orléans Cedex 2
(2) École des Mines de Paris, CGES Sédimentologie, 35 rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau
(3) École des Mines de Saint-Étienne, 158 cours Fauriel, 42023 Saint-Étienne

Source : MNHN, Paris

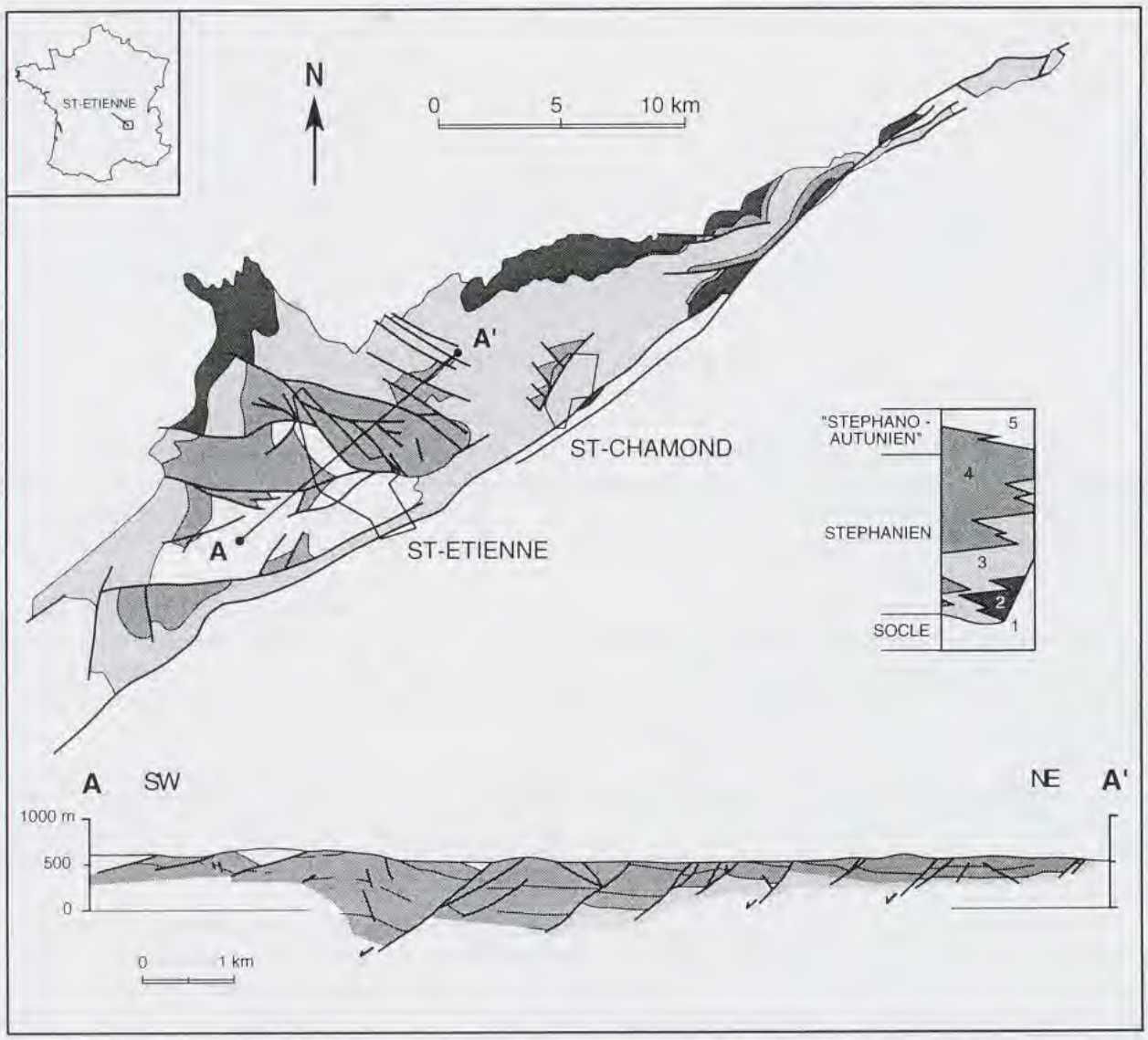


FIG. 394. — Le bassin houiller de Saint-Étienne. 1 : socle métamorphique ; 2 : brèches bordières ; 3 : conglomérats et grès de cône alluvial ; 4 : grès, pélites et charbons de plaine fluvio-palustre ; 5 : conglomérats et grès de plaine alluviale (« étage de couronnement »). Traits gras : failles.

FIG. 394. — The Saint-Étienne coal basin. 1: metamorphic basement; 2: proximal breccias; 3: alluvial fan conglomerates and sandstones; 4: fluvio-palustrine sandstones, pelites and coals; 5: alluvial plain conglomerates and sandstones ("étage de couronnement"). Coarse lines : faults.

exposées dans cet ouvrage et montrent l'impact prédominant des paramètres morphostructuraux sur la répartition des paléoenvironnements et des populations végétales associées.

En effet, l'étude de la distribution spatio-temporelle des paléoflores a permis d'observer, intercalés dans un ensemble homogène de strates à flores hygrophiles correspondant à un milieu fluvio-palustre, des niveaux renfermant des associations mésoxérophiles représentant la végétation **contemporaine** installée sur les milieux bordiers (cf. fig. 392). Cette « *coexistence* », décelée à Saint-Étienne dès 1976, puis retrouvée dans de nombreux sites de la chaîne hercynienne, correspond à un phénomène général dont la durée peut excéder celle du fonctionnement même du bassin.

Ces mécanismes ne doivent pas être oubliés dans l'établissement de corrélations entre la série stratotypique de Saint-Étienne et celle des autres bassins continentaux permo-carbonifères.

Source : MNHN, Paris

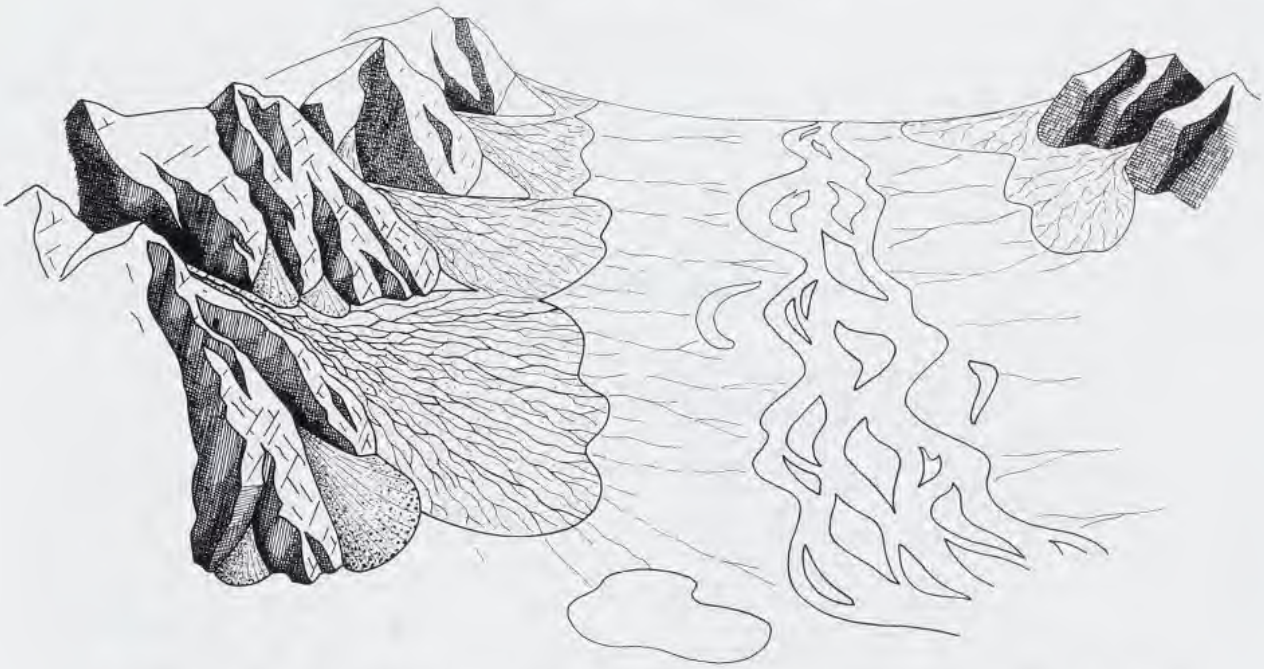


FIG. 395. — Séquence paysage « forézienne » du bassin de Saint-Étienne. Légendes : comme pour fig. 394.
FIG. 395. — Saint-Étienne basin "Forezian" lanscape sequence. Figure captions as for Fig. 394.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BECQ-GIRAUDON, J. F. & JACQUEMIN, H., 1992. — La structuration du bassin limnique d'âge Carbonifère supérieur de Saint-Étienne (Loire) : nouvelles hypothèses. *Principaux résultats scientifiques et techniques du BRGM*, Rapport scientifique 1990/1991, BRGM Paris : 21-22.

BOUROZ, A., 1978. — Essai de synthèse tectonique du bassin houiller de Saint-Étienne. *Revue de l'Industrie Minérale.*, **60** (10) : 493-519.

MAISTRE, J. DE, 1963. — Description géologique du Bassin houiller de la Loire. *Rev. Ind. Minér.*, **45** (7-8) : 1-59.

MALAVIELLE, J., GUIHOT, P., COSTA, S., LARDEAUX, J. M. & GARDIEN, V. (1990) — Collapse of the thickened Variscan crust in the French Massif Central : Mont Pilat extensional shear zone and St. Etienne Late Carboniferous basin. *Tectonophysics*, **177** : 139-149.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

INDEX DES TAXONS FIGURÉS

A

Aetheotesta subglobosa 176, 178
Alethopteris ambigua 195, 196
Alethopteris cf. *magna* 195, 196
Alethopteris pennsylvanica 196, 197
Alethopteris zeillerii 197, 198
Alethopteris sp. 175, 197
Alloiopteris aff. *erosa* 169, 170
Amyelon sp. 240, 241
Anachoropteris gillotii 103, 104
Anachoropteris involuta 104, 105
Anachoropteris pautetii 104, 105
Anachoropteris pulchra 104, 105
Anachoropteris robusta 104, 106
Ankyropteris brongniartii 109, 111
Annularia mucronata 88, 91
Annularia radiata 88, 89
Annularia sphenophylloides 90, 91
Annularia spicata 89, 90
Annularia stellata 89, 90
Arthropitys gallica 93, 101
Artisia transversa 243, 257
Asolanus cf. *camptotaenia* 71, 73
Asolanus sp. 73, 74
Asterophyllites equisetiformis 86, 87
Asterophyllites longifolius 88, 89
Asterotheca cf. *sternbergii* 120, 121
Astromyelon cf. *dadoxylinum* 92, 101
Autunia conferta 234, 236

B

Biscalitheca cf. *musata* 110, 111
Botryopteris forensis 107, 108
Botryopteris renaultii 107, 108
Botryopteris sp. 108, 109

C

Cadiospora magna 277, 282
Cadiospora sp. 277, 282
Calamites cistii 87, 93
Calamites cruciatus 93, 94
Calamites gigas 95, 97
Calamites goeppertii 94, 95
Calamites pachyderma 96, 97
Calamospora mutabilis 273, 282
Calamospora pedata 273, 282
Calamospora sp. 273, 282
Calamostachys cf. *dumasii* 94, 99
Calamostachys grand'euryi 99, 101
Calamostachys magnae-crucis 100, 101
Calamostachys tuberculata 100, 102
Calamostachys zeilleri 100, 101
Callipteridium gigas 227, 228, 230
Callipteridium pteridium 229, 231
Callipteridium rotundifolium 228, 229, 233
Callistophyton cf. *poroxyloides* 171, 175
Candidispora candida 284, 289
Cardiocarpus drupaceus 188, 244, 245
Cardiocarpus sclerotesta 244, 245
Caulopteris chaussatii 116, 117
Caulopteris macrodiscus 117, 118
Caulopteris peltigera 117, 118
Cirratriradites sp. 279, 291
Codonospermum anomalum 177, 178, 181
Codonospermum olivaeformis 178, 179
Colpospermum multinerve 178, 180
Columinisporites sp. 281, 292
Complexisporites polymorphus 285, 291
Comptotesta brongniartii 178, 180
Cordaianthus baccifer 256, 257
Cordaianthus gemmifer 252, 257
Cordaicladus ellipticus 257, 262
Cordaites angulosostriatus 257, 258, 263
Cordaites crassus 240, 259
Cordaites foliolatus 259, 263
Cordaixylon 241, 242
Costapollenites ellipticus 287, 292
Crassispora kosankei 276, 282
Cycadopites sp. 286, 289, 292
Cyclospermum nummulare 246, 248
Cyperites bicarinata 55, 75

D

Dadoxylon cf. *brandlingii* 241, 242
Densosporites sphaerotriangularis 278, 282
Dichophyllum flabelliferum 253, 236
Dicksonites pluckenetii 172, 173, 224, 225
Dicksonites sterzelii 227, 228
Dicranophyllum gallicum 265, 266
Diplotesta avellana 247, 248
Diplotesta grandeuryana 247, 248
Dolerophyllum pseudopeltatum 181, 240
Dolerotheca fertilis 193, 194
Dorycordaites affinis 261, 263
Dorycordaites palmaeformis 261, 263

E

Endosporites sp. 279, 291
Ephedripites sp. 287, 292
Eriostesta octogona 182, 184
Etapteris cf. *lacattei* 110, 111
Eusphenopteris rotundiloba 170, 222

Source : MNHN, Paris

F

Feysia cf. *minutifolia*, 268, 269
Florinanthus penjonii 253, 255
Florinites mediapudens 283, 292
Florinites minutus 283, 292
Florinites pumicosus 283, 289

G

Gardenasporites heisseli 286, 292
Gaudrya trivalvis 182, 184
Gnetopsis elliptica 183, 184
Grandeuryella renaultii 122, 125
Guthoerlisporites magnificus 284, 289

H

Hermitia cf. *gallica* 268, 269
Hexapterospermum pachypterum 183, 184
Hexapterospermum stenopterum 184, 185

I

Illinites unicus 285, 291

K

Knoxisporites glomus, 276, 291

L

Lancettopsis lanceolata 288, 289
Latensina trileta 284, 291
Leiotriletes sp. 272, 282
Leptocaryon avellanum 249, 251
Lepidocarpon majus 55, 79
Lepidodendron beaumontianum 54, 55
Lepidodendron brongniartii 56, 57
Lepidodendron clipeiforme 58, 59
Lepidodendron jarense 58, 60, 74
Lepidodendron ophiurus 60, 61
Lepidodendron aff. *rimosum* 60, 61
Lepidodendron aff. *simile* 60, 61
Lepidofloyos anthracinus 62, 63
Lepidophylloides sp. 65, 75
Lepidostrobus brongniartii 80, 81
Leptocaryum avellanum 249, 251
Lesleya sp. 238, 239
Limitisporites sp. 285, 289, 291
Linopteris brongniartii 220, 221
Lodevia nicklesii 235, 236
Lundbladispora gigantea 278, 292
Lycopodites decussatus 52, 55
Lycospora pusilla 278, 282

M

Macrostachya infundibuliformis 102, 103
Medullosa geriensis 174, 175
Megaphyton maclayi 117, 118
Myeloxylon landriotii 175, 176

N

Neuropteris cordata 199, 200
Neuropteris osmundae 199, 202
Neuropteris ovata 200, 201, 203
Neurocallipteris planchardii 203, 204
Neuropteris praedentata 201, 202
Neuropteris pseudoblissii 201, 205

O

Odontopteris bourranensis 207, 209
Odontopteris brardii 207, 208, 209
Odontopteris aff. *cantabrica* 210, 211
Odontopteris minor 209, 210, 212, 213
Odontopteris pseudoschlotheimii 214, 215
Odontopteris reichiana 209, 216, 217, 218
Odontopteris subcrenulata 206, 216

P

Pachytesta gigantea 185, 188
Pachytesta incrassata 186, 187
Pachytesta pusilla 186, 187
Pecopteris abbreviata 131, 132
Pecopteris affinis 132, 133
Pecopteris arborea 133, 134
Pecopteris biotii 134, 135
Pecopteris boutonetii 135, 136
Pecopteris candolleana 135, 138
Pecopteris cyathea 137, 138
Pecopteris daubreei 137, 138
Pecopteris densifolia 139, 140
Pecopteris densinervosa 140, 141
Pecopteris fœminaeformis 142, 143
« Pecopteris » geriensis 125, 126
Pecopteris hemitelioides 142, 143
Pecopteris integra 144, 145
Pecopteris lamuriana 144, 145
Pecopteris lepidorachis 144, 146
Pecopteris major 146, 147
Pecopteris melendezii 146, 147
Pecopteris monyi 148, 149
Pecopteris parvula 148, 153
Pecopteris plumosa 150, 151
Pecopteris polymorpha 152, 153
Pecopteris pseudoreopteridia 152, 153
« Pecopteris » pteroides 229, 231
Pecopteris aff. *saraefolia* 154, 156
Pecopteris subelegans 155, 156
Pecopteris treviranii 155, 156
Pecopteris unita 156, 157
Pecopteris cf. *vestita* 145, 158
Pecopteris viannai 158, 159
Poacordaites microstachys 263, 264
Polylophospermum stephanense 189, 191
Polymorphisporites laevigatus 279, 282
Polypterospermum renaultii 189, 191
Potonieisporites novicus 283, 292
Protohaploxypinus sp. 292
Psaronius sp. 104, 115
Pseudomariopteris busquetii 222, 223, 224
Pseudomariopteris ribeyronii 224, 225
Ptychotesta tenuis 190, 191
Punctatisporites obesus 273, 282

Source : MNHN, Paris

R

Raistrickia crocea 275, 282
Raistrickia polymorpha 275, 282
Raistrickia sp. 275, 282
Renaulticonus williamsonii 254, 255
Renaulticonus zeilleri 254, 255
Reticulopteris germarii 204, 206, 221
Rhabdocarpus sp. 188, 249
Rhabdospermum conicum 250, 251
Rhabdospermum cyclocaryon 250, 251
Rhabdospermum subtunicatum 250, 251

S

Schizopteris cycadina 112, 113
Schizostachys pinnata 112, 113
Schizostachys spiciformis 113, 114
Schopfipollenites ellipsoides 287, 291
Scolecopteris globiforma 123, 125
Scolecopteris intermedia 123, 125
Senftenbergia plumosa 127, 128
Sigillaria brardii 65, 67, 68
Sigillaria elegans 64, 65
Sigillaria lepidodendrifolia 67, 71, 74
Sphenophyllostachys simplex 86, 101
Sphenophyllum angustifolium 82, 84
Sphenophyllum emarginatum 83, 84
Sphenophyllum longifolium 83, 84
Sphenophyllum oblongifolium 83, 84
Spenophyllum stephanense 85, 101
Sphenophyllum cf. *thonii* 84, 85
Sphenopteris biturica-densipinnata 160, 161
Sphenopteris chaerophylloides 161, 162
Sphenopteris danzei 162, 163
Sphenopteris decorpsii 162, 164
Sphenopteris durbanensis 163, 165
Sphenopteris gutbierii 165, 166
Sphenopteris leptophylla 166, 167
Sphenopteris mathetii 167, 170
Sphenopteris mendes-correae 166, 168
Spinosporites exiguus 280, 282
Spinosisporites hirsutus 274, 282
Spinosporites spinosus 280, 282
Stephanospermum akenioides 190, 191
Stephanospermum caryoides 191, 192
Stewartiopteris sp. 115, 125
Stigmaria ficoides 63, 76
Stigmariopsis inaequalis 74, 77
Stigmariopsis ripageriensis 78, 79
Sulcatisporites sp. 286, 292
Syringodendron alternans 68, 69
Syringodendron commune 63, 70
Syringodendron fenestratum 70, 71
Syringodendron valde-flexuosum 72, 74

T

Taeniopteris abnormis 237, 238
Taeniopteris jejunata 237, 238
Taeniopteris tenuis 238, 239
Taxospermum grunerii 251, 252
Trigonocarpus sp. 188, 192
Tripterospermum rostratum 193, 194
Triquitrites ornatus 277, 282
Triquitrites spinosus 277, 282
Tubicaulis grand'euryi 104, 106

V

Verrucosisporites pergranulus 274, 282
Verrucosisporites sp. 274, 282, 292
Vesicaspora sp. 285, 291, 292
Vittatina costabilis 287, 292
Vittatina sp. 287, 292

W

Walchia cf. *hypnoides* 267, 268
Walchia piniformis 267, 268
Wilsonites sp. 283, 289
Wilsonites vesicatus 283, 289, 292

Source : MNHN, Paris

Remerciements aux rapporteurs

Acknowledgements to referees

La Rédaction tient à remercier les experts extérieurs au Muséum national d'Histoire naturelle dont les noms suivent, d'avoir bien voulu contribuer, avec les rapporteurs de l'Établissement, à l'évaluation des manuscrits (1986-1994) :

The Editorial Board acknowledges with thanks the following referees who, with Muséum referees, have reviewed papers submitted to the Mémoires du Muséum (1986-1994) :

Adkison D.	Macon	U. S. A.
Akesson Bertil	Göteborg	Suède
Amiard Jean-Claude	Nantes	France
Andres H.	Hambourg	Allemagne
Baba K.	Kumamoto	Japon
Bachelet Guy	Arcachon	France
Baud C.A.	Genève	Suisse
Bellan Gérard	Marseille	France
Ben-Eliahu Nechama	Jérusalem	Israël
Berggren M.	Fiskebackskil	Suède
Bernet-Rollande M.C.	Puteaux	France
Bernot L.	Anthony	France
Bhaud Michel	Banyuls-sur-Mer	France
Blake James A.	Woods-Hole	U. S. A.
Bourdon R.	Roscoff	France
Bourlière F.	Paris	France
Bouroullec J.	Pau	France
Bresson F.	Paris	France
Brosset A.	Paris	France
Butman Cheryl Ann	Woods-Hole	U. S. A.
Calde D.	Toronto	Canada
Castelli Alberto	Modena	Italie
Charest P.	Québec	Canada
Clark P.	Londres	Grande-Bretagne
Combes C.	Perpignan	France
Cornelius P.	Londres	Grande-Bretagne
Davie P.	Brisbane	Australie
De Broyer C.	Bruxelles	Belgique
Desbruyères Daniel	Brest	France
Dhainaut André	Villeneuve d'Ascq	France
Dorresteijn Adriaan	Mayence	Allemagne
Dreux P.	Paris	France
Duchêne Jean-Claude	Banyuls-sur-Mer	France
Dupuis Y.	Chatenay Malabry	France
Eibye-Jacobsen Danny	Copenhague	Danemark
Fain A.	Bruxelles	Belgique
Fauchald Kristian	Washington	U. S. A.
Fischer Albrecht	Mayence	Allemagne
Fitzhugh Kirk	Los Angeles	U. S. A.
Floret J.J.	Paris	France
Forey P.L.	Londres	Grande-Bretagne
Fournier Judith	Ottawa	Canada
François Y.	Paris	France
Fransen C.	Leiden	Hollande
Gagné R.	Washington	U. S. A.
Gambi M. Cristina	Napoli	Italie
Géhu J.M.	Bailleul	France
Gentil Frank	Roscoff	France
George David	Londres	Grande-Bretagne
Giangrande Adriana	Lecce	Italie
Gibbs Peter E.	Plymouth	Grande-Bretagne
Gillet Patrick	Angers	France
Glasby Chris	Canberra	Australie
Glémarec Michel	Brest	France
Goerke Helmut	Bremerhaven	Allemagne
Gooday A. J.	Surrey	Grande-Bretagne
Grasshoff M.	Frankfurt	Allemagne
Grassle Frederick	New Brunswick	Canada
Grassle Judith	New Brunswick	Canada
Gruet Yves	Nantes	France
Guillaumet J.L.	Caen	France
Haig J.	Los Angeles	U. S. A.
Hardege Jorg Detelf	Oldenburg	Allemagne
Hayward P.J.	Swansea	Grande-Bretagne
Hensley D.A.	Puerto Rico	U. S. A.
Hilbig Brigitte	Massachusetts	U. S. A.
Holte Boerge	Tromsoe	Norvège
Holthuis L.B.	Leiden	Hollande
Hooper J.N.A.	Brisbane	Australie
Hove Harry Ten	Amsterdam	Pays-Bas
Hutchings Patricia	Sydney	Australie
Jouin-Toulmond Claude	Paris	France
Kendall Michael	Plymouth	Grande-Bretagne
Kielan-Jaworowska Z.	Oslo	Norvège
Knight-Jones Phyllis	Swansea	Grande-Bretagne
Knight-Jones Wyn	Swansea	Grande-Bretagne
Krantz G.W.	Corvallis	U. S. A.
Kudenov Jerry D.	Alaska	U. S. A.
Lagardère J.P.	La Rochelle	France
Lana Paulo Da Cunha	Parana	Brésil
Laubier Lucien	Paris	France
Laverde-Castillo J.J.A.	Bogota	Colombie
Le Tendre L.	Courbevoie	France
Legay J.M.	Villeurbanne	France
Levin Lisa A.	La Jolla	U. S. A.
Mackie Andrew	Cardiff	Grande-Bretagne
MacPherson E.	Barcelona	Espagne
Manning R.	Washington	U. S. A.
Marshall B.	Wellington	Nouvelle-Zélande
Mauchline J.	Oban	Grande-Bretagne
Maurer Don	Long Beach	U. S. A.
McAlpine J.F.	Ottawa	Canada
McKenna M.	New York	U. S. A.
McLaughlin P.	Washington	U. S. A.
Mettam Chris	Cardiff	Grande-Bretagne
Millar R.H.	Oban	Grande-Bretagne
Muir Alexander Ian	Londres	Grande-Bretagne
Nagel P.	Saarbrücken	Allemagne
Newman W. A.	San Diego	U. S. A.
Noël R.	Pau	France
Olive Peter James William	Tyne	Grande-Bretagne
Paterson Gordon L.J.	Londres	Grande-Bretagne
Patterson C.	Londres	Grande-Bretagne
Paxton Hannelore	North Ryde	Australie
Pérez Farfante I.	Washington	U. S. A.
Perkins Thomas H.	Saint Petersburg	U. S. A.
Perthuisot J.P.	Nantes	France
Petersen Mary E.	Copenhague	Danemark
Pettibone Marian H.	Washington	U. S. A.
Peyrot-Clausade M.	Marseille	France
Pleijel Fredrik	Stockholm	Suède
Pocklington Patricia	Halifax	Canada
Pontier J.	Villeurbanne	France
Poor G.	Victoria	Australie
Puig H.	Paris	France
Purschke Günter	Osnabruck	Allemagne
Puthz V.	Schlitz	Allemagne
Ramil F.	Vigo	Espagne
Reish Donald J.	Long Beach	U. S. A.
Richer de Forges B.	Nouméa	Nouvelle-Calédonie
Rieman F.	Bremerhaven	Allemagne
Rouse Greg	Washington	U. S. A.
San Martin Guillermo	Madrid	Espagne
Sarda Rafael	Blanes	Espagne
Savage D.E.	Berkeley	U. S. A.
Schmid M.	Paris	France
Schroeder Paul	Pullmann	U. S. A.
Sibuet Myriam	Brest	France
Sigvaldadottir Elin	Stockholm	Suède
Simon Joseph L.	Tampa	U. S. A.
Stork N.E.	Londres	Grande-Bretagne
Taylor P. D.	Londres	Grande-Bretagne
Thurston M.H.	Surrey	Grande-Bretagne
Toulmond André	Paris	France
Tricart J.	Strasbourg	France
Vacelet J.	Marseille	France
Van Soest R. W. M.	Amsterdam	Hollande
Vokes E.	New Orleans	U. S. A.
Vovelle Jean	Paris	France
Vuilleumier F.	New York	U. S. A.
Wägele J. W.	Bielefeld	Allemagne
Warren Lynda	Cardiff	Grande-Bretagne
Watson J.	Essendon	Australie
Westheide Wilfried	Osnabrück	Allemagne
Williams A.	Washington	U. S. A.
Wilson Robin	Victoria	Australie
Wittmann K.	Vienne	Autriche
Zevina G. B.	Moscou	Russie
Zibrowius Helmut	Marseille	France

Source : MNHN, Paris

1. — Tertiaire de « La Triollère ». *Tertiary of "La Triollère".*
2. — Série des conglomérats supérieurs, faciès rouge. *Upper conglomerates series, red facies.*
3. — Série des conglomérats supérieurs, faciès gris (« formation ambigüe autuno-stéphanienne »). *Upper conglomerates series, grey facies ("ambiguous Autuno-Stephanian Formation").*
4. — Série de La Ricamarie (Assise d'Avaize). *La Ricamarie series (Avaize beds).*
5. — Série des couches de Gruner. *Gruner beds series.*
6. — Série de La Talaudière : faisceau de La Chazotte. *La Talaudière series: La Chazotte coal seams bundle.*
7. — Série de La Talaudière : poudingue mozaïque. *La Talaudière series: mozaïc conglomerate.*
8. — Assise de Rive de Gier : faisceau de La Perronière. *Rive de Gier beds: La Perronière coal seams bundle.*
9. — Assise de Rive de Gier : brèche de base. *Rive de Gier beds: basal breccia.*
10. — Terrains de niveau stratigraphique incertain. *Stratas of indetermined stratigraphical level.*
11. — Terrains silicifiés. *Silicified stratas.*
12. — « Gore vert » de La Grand'Croix. *"Gore vert" of La Grand'Croix.*
13. — Coulée basaltique. *Basaltic flow.*

Source : MNHN, Paris

BASSIN HOUILLER DE St ÉTIENNE

Carte des zones stratigraphiques

D'après P. Pruvost et J. de Maistre

N

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

St ÉTIENNE
St Priest-en-Jarez
St Genest-Lerpt
Roche-la-Molière
Villars
La Tour-en-Jarez
L'Étrat
La Talaudière
Sorbiers
La Fouillouse
Le Chapoulet
Les Perrotins
Le Crêt
Bois de Robertanne
Landuzière
La Chana
Chavassieux
Montaud
Treuil
Verpilleux
Rambaud
Gruner
Sagnat
Couriot
Le Berland
Beaubrun
Jardin des Plantes
Bois d'Avaize
Vogue
La Palle
Ferrouillat
La Béraudière
Tunnel routier de la Rivière
Combes
La Pinatelle
Isaac
La Chana Charles
Unieux
La Triollière
Rabain
Alus
Cambefort
Gidrol
Pigeot
Montrambert
St Paul-en-Cornillon
Fraisses
Semène
FIRMINY
La Ricamarie
Le Chambon-Feugerolles
La Choltière
La Poisatière
Valfleury
Crêt St Georges
Cellieu
Genilac
La Sardon
La Cappe
La Jusserandière
La Faverge
Combergol
Lorette
La Péronnière
La Grand-Croix
L'Horme
Gillier
St CHAMOND
St Martin-en-Coailleux
Lacroix
Crêt Beauplomb
S.21
S.22
S.23
S.24
S.25
S.26
Dargoire
Tartaras
La Madeleine
Montbressieux
Combeplaine
Les Flaches
Le Mouillon
Châteauneuf
Rive-de-Gier
St Romain-en-Gier
GIVORS
Le Rhône

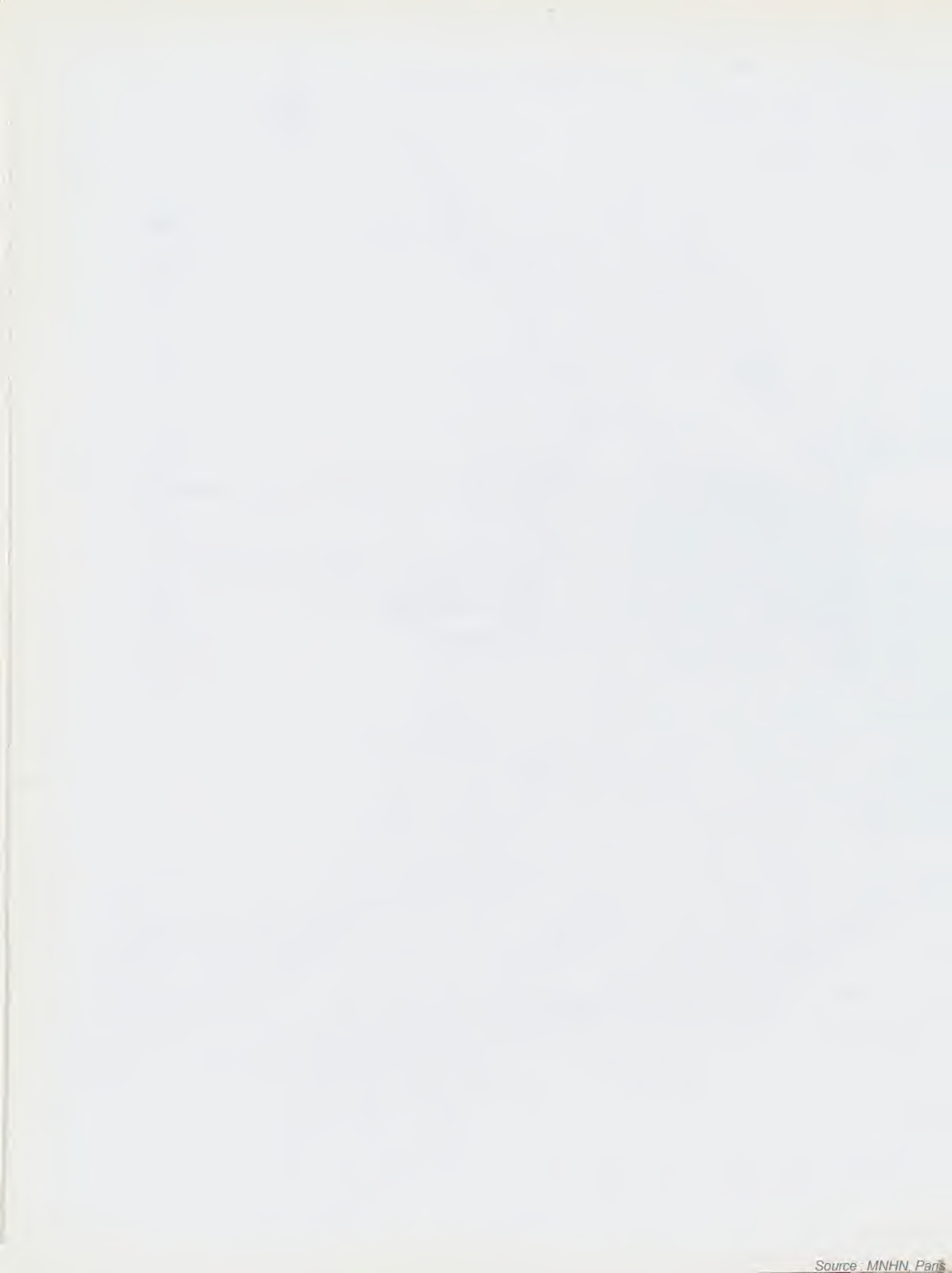
Faille principale connue
Faille secondaire connue
Prolongement probable des failles ou failles supposées
23 Numérotation des accidents tectoniques
O Gruner Puits
● S 35 Sondage
La Chana Lieu-dit cité dans le texte

0 2 4 6 8 10 Km

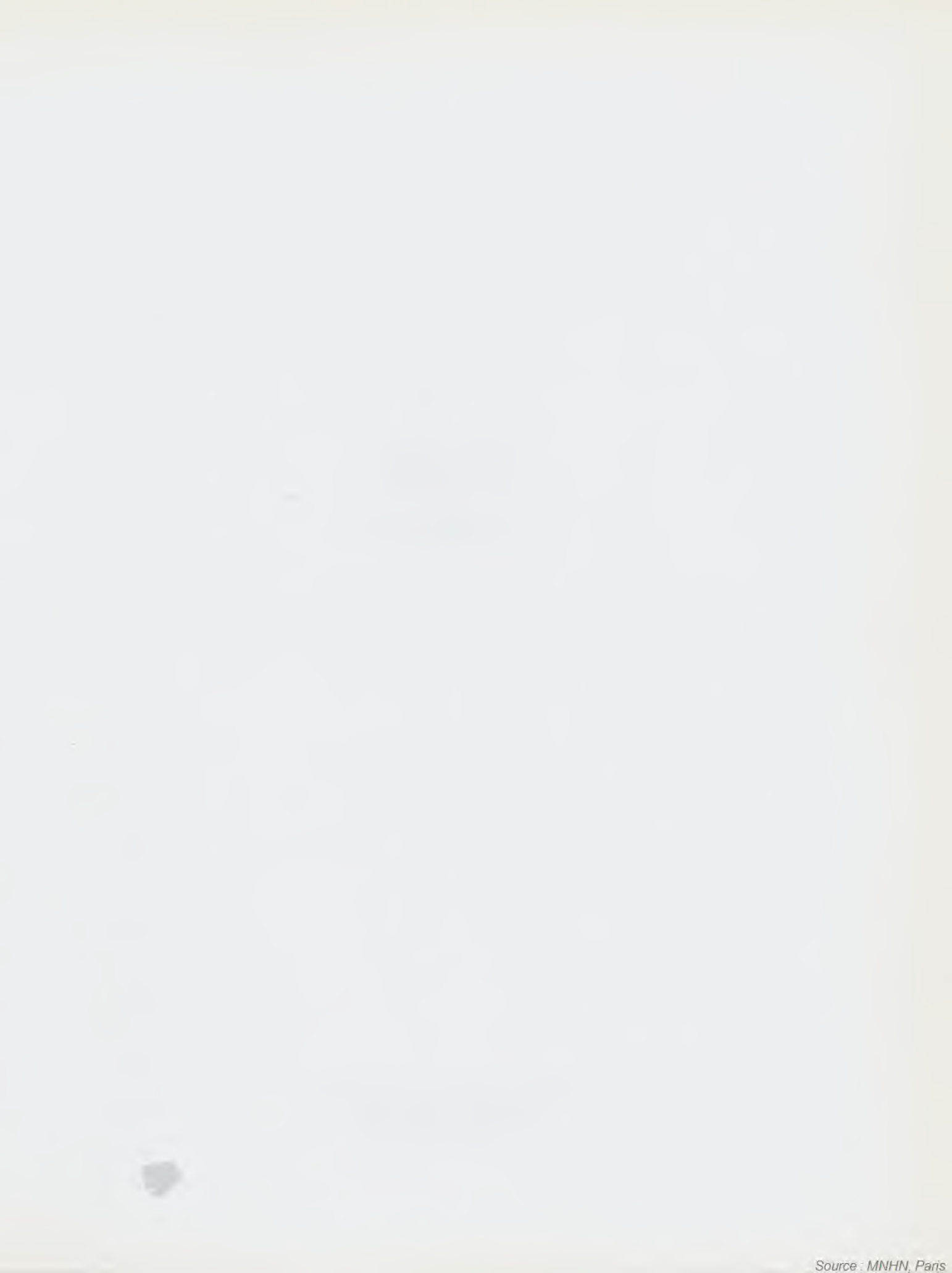
Les levés originaux de Pruvost et de de Maistre (1941-1942) ont été reportés sur un fond topographique récent : cartes IGN au 1/50000e N° 2932 (1984), 2833 et 3032 (1988), 2933 (1989)

Hammel del.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

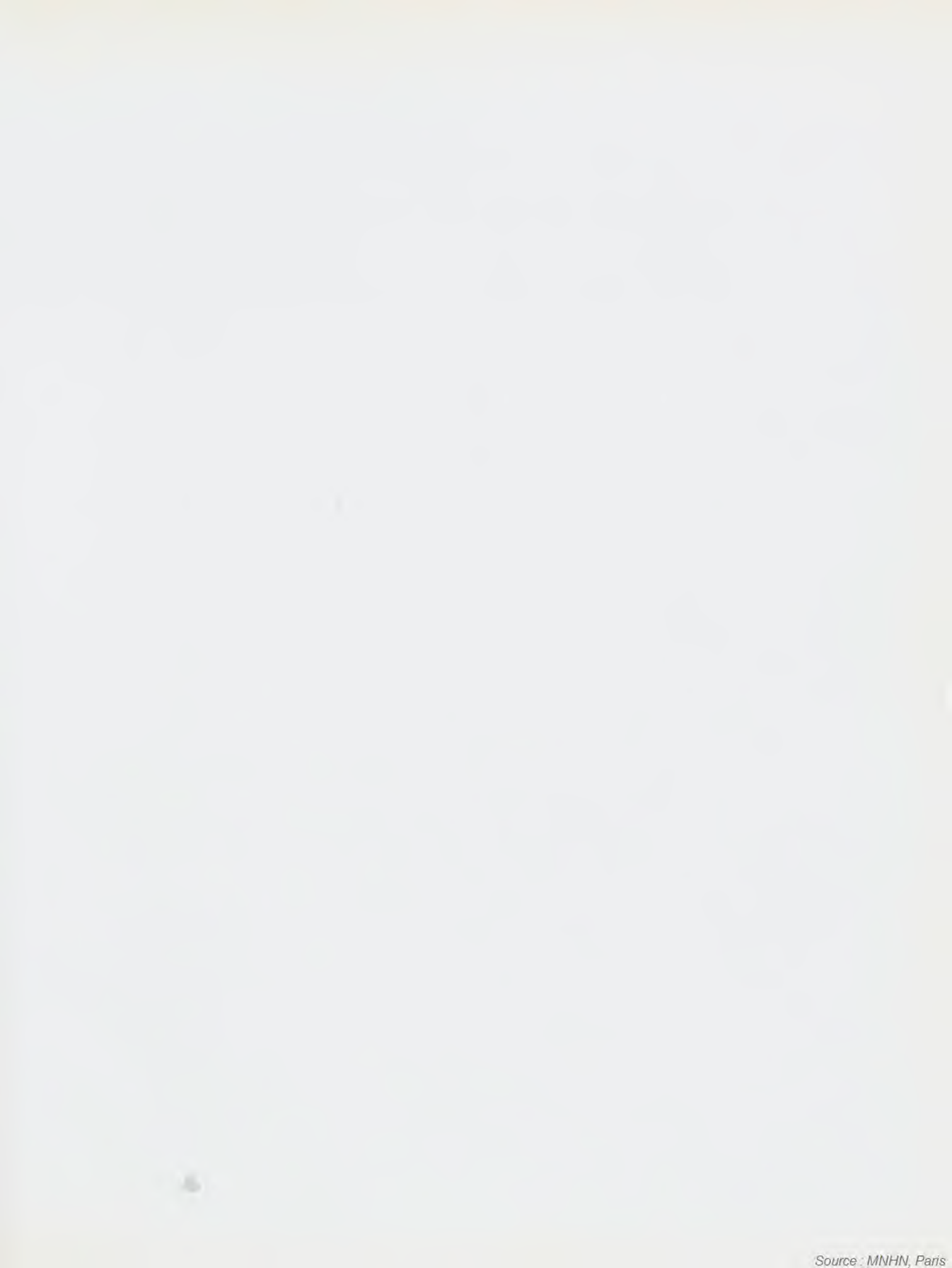


Source : MNHN, Paris

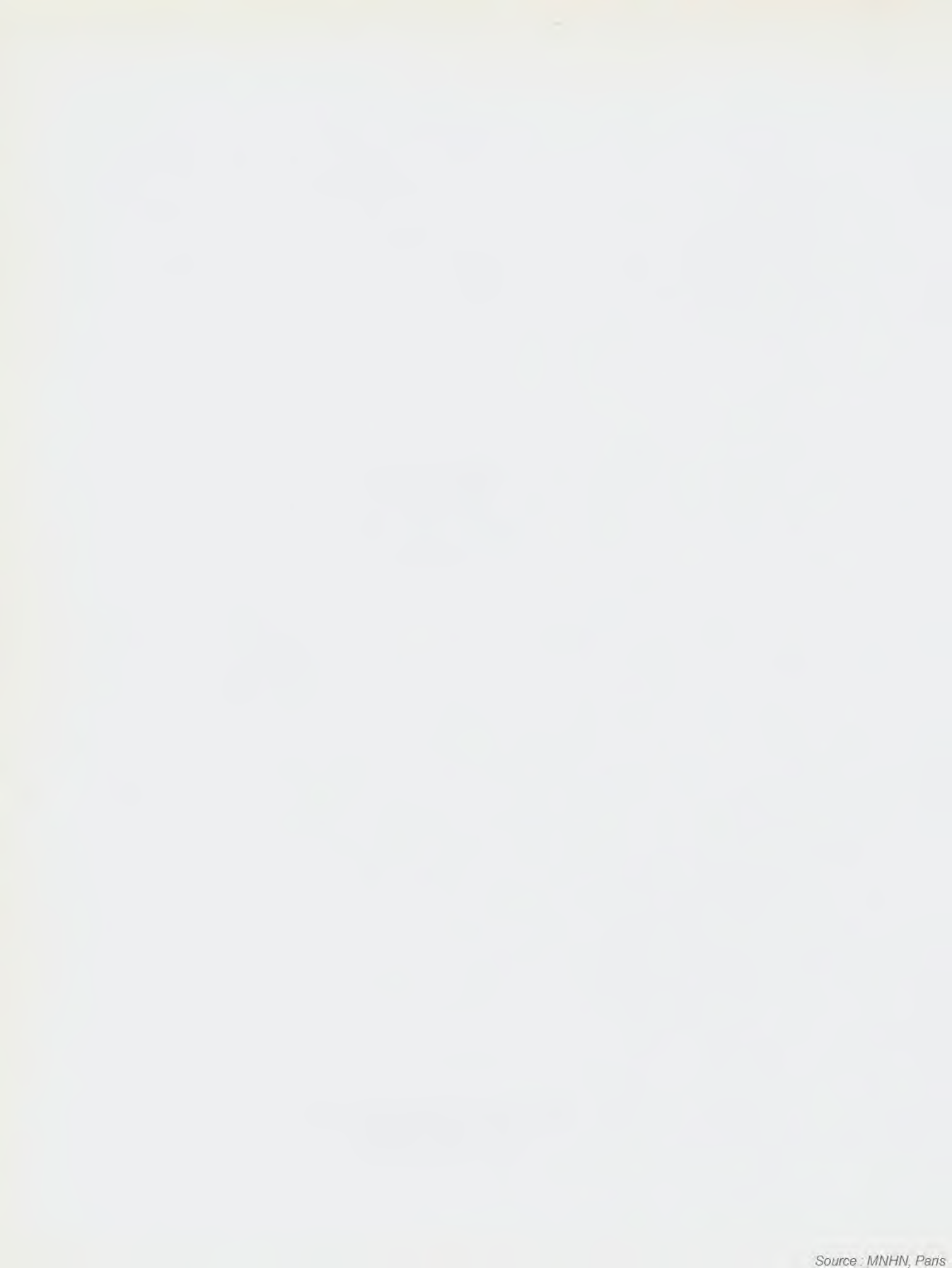
ACHEVÉ D'IMPRIMER
EN OCTOBRE 1995
SUR LES PRESSES
DE
L'IMPRIMERIE F. PAILLART
À ABBEVILLE

Date de distribution : 30 octobre 1995.
Dépôt légal : Octobre 1995.
N° d'impression : 9245

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

DERNIERS TITRES PARUS

RECENTLY PUBLISHED MEMOIRS

À partir de 1993 (Tome 155), les *Mémoires du Muséum* sont publiés sans indication de série.
From 1993 (Volume 155), the Mémoires du Muséum *are published without serial titles.*

Tome 163 : Alain CROSNIER (ed.), 1995. — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 13. 518 pp. (ISBN : 2-85653-224-1) 550 FF.

Tome 162 : Jean-Claude DAUVIN, Lucien LAUBIER & Donald J. REISH (eds), 1994. — Actes de la 4e Conférence internationale sur les Polychètes. 642 pp. (ISBN : 2-85653-214-4) 390 FF.

Tome 161 : Alain CROSNIER (ed.), 1994. — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 12. 569 pp. (ISBN 2-85653-212-8) 600 FF.

Tome 160 : Nicole BOURY-ESNAULT, Maurizio PANSINI, & Maria Jesus URIZ, 1994. — Spongiaires bathyaux de la mer d'Alboran et du Golfe ibéro-marocain. 174 pp. (ISBN : 2-85653-213-6) 300 FF.

Tome 159 : Pierre ROBBE, 1994. — Les Inuit d'Ammassalik, Chasseurs de l'Arctique. 389 pp. (ISBN : 2-85653-270-1) 360 FF.

Tome 158 : Alain CROSNIER (ed.), 1993. — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 11. 426 pp. (ISBN 2-85653-208-X) 500 FF.

Tome 157 : Loïc MATILE, Judith NAJT & Simon TILLIER (eds), 1993. — Zoologia Neocaledonica. Volume 3. 218 pp. (ISBN 2-85653-205-5) 280 FF.

Tome 156 : Alain CROSNIER (ed.), 1993. — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 10. 491 pp (ISBN 2-85653-206-3) 580 FF.

Tome 155 : Thierry DEUVE, 1993. — L'abdomen et les genitalia des femelles de Coléoptères Adephaga. 184 pp. (ISBN 2-85653-204-7) 290 FF.

Informations sur les Publications Scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle :
Informations about the Scientific Publications of the Muséum national d'Histoire naturelle:
Internet http://www.mnhn.fr/

Prix hors taxe, frais de port en sus. Vente en France : TVA 2,10 %.
Prices in French Francs, postage not included.

Source : MNHN, Paris

Le terme *Stéphanien* est, pour l'Union Internationale des Sciences Géologiques, l'appellation officielle de la série terminale du système *Carbonifère*. Cette unité stratigraphique majeure a été définie, historiquement, dans le bassin houiller de Saint-Étienne, sur la base des successions des flores fossiles qu'il renferme. Paradoxalement, ces flores de référence n'ont jamais été monographiées, ni surtout refigurées depuis le travail de Cyrille GRAND'EURY en 1877. Le présent ouvrage comble cette lacune au travers d'une iconographie complète riche d'une centaine de planches.

Au terme d'une approche délibérément globale, intégrant les données qualitatives et quantitatives fondées sur les microflores et les mégaflores, conservées en empreintes ou en structures perminéralisées, les auteurs proposent la création d'un nouvel étage géologique pour le Stéphanien supérieur : le *Forézien*.

La postface, de Jean-François BECQ-GIRAUDON, Daniel MERCIER et Hervé JACQUEMIN, replace ce travail paléontologique dans la conception la plus actuelle de la géodynamique du bassin de Saint-Étienne.

Jeanne DOUBINGER, (Dr ès Sciences, Directeur de Recherches au CNRS), Pierre VETTER (Dr ès Sciences, retraité des Charbonnages de France), Jean LANGIAUX (Dr de l'Université de Strasbourg), Jean GALTIER (Dr ès Sciences, Directeur de Recherches au CNRS) et Jean BROUTIN (Dr ès Sciences, Professeur à l'Université Paris VI) comptent parmi les meilleurs spécialistes français des végétaux fossiles. Jean BROUTIN a assuré la coordination générale de l'ouvrage.

ÉDITIONS
DU MUSÉUM
57, RUE CUVIER
75005 PARIS
ISBN 2-85653-218-7
ISSN 1243-4442

490 FF TTC (France)
479,92 FF HT (Étranger)